J30-2

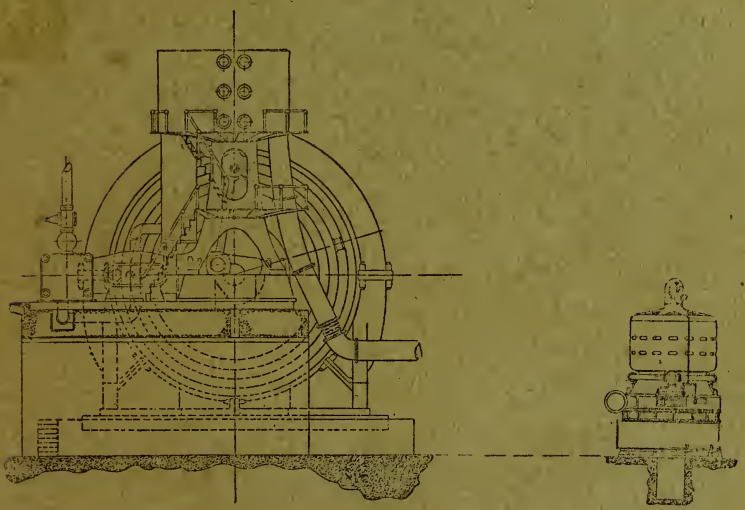
BIBLIOTECA DELL' "ELETTRICISTA" *(Novità scientifiche)*. N. 2.

Ing. ELVIO SOLERI

LE CENTRALI ELETTRICHE

DEGLI STATI UNITI D'AMERICA

Con 39 figure intercalate nel testo e 19 diagrammi

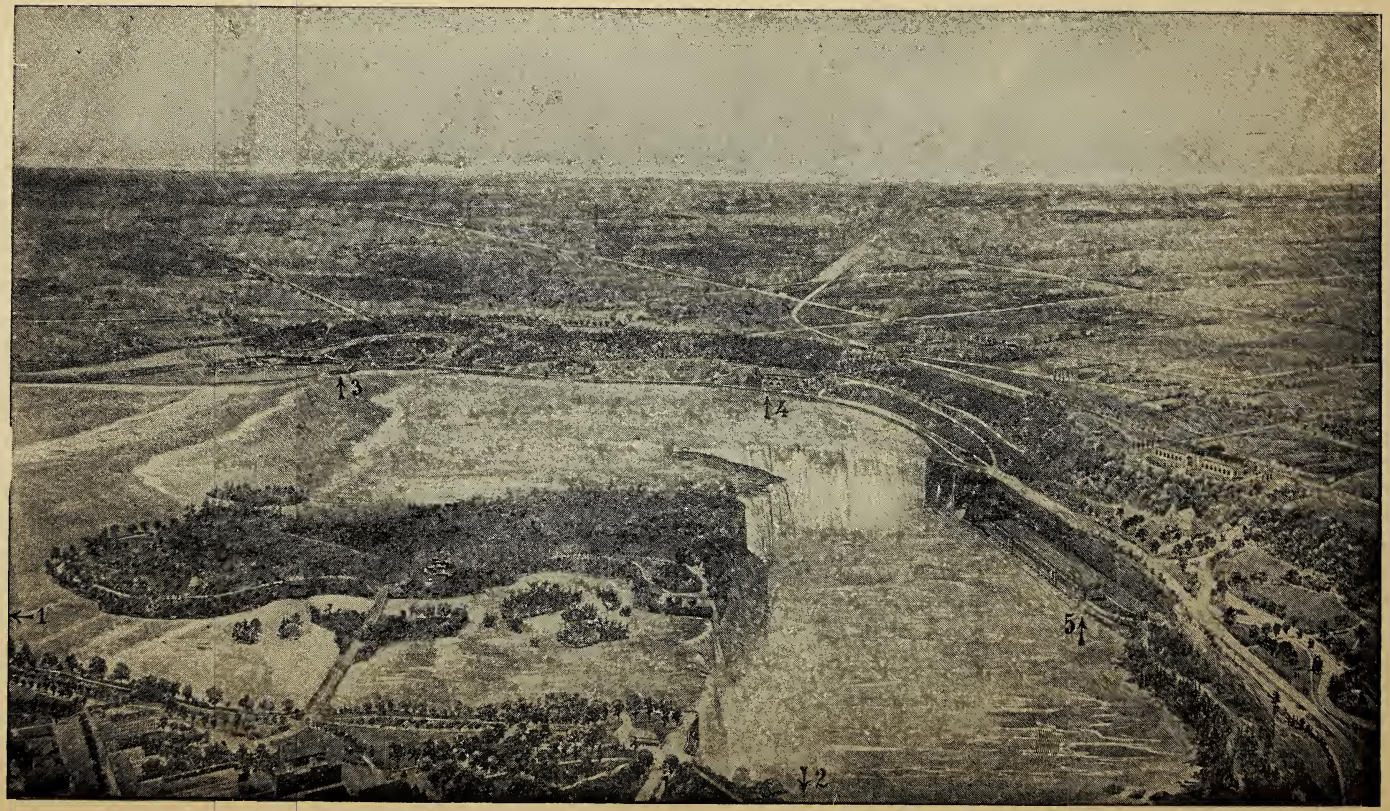


ROMA

CASA EDITRICE "L'ELETTRICISTA"

1906

7100



Vista a volo d'uccello del gruppo delle centrali del Niagara.

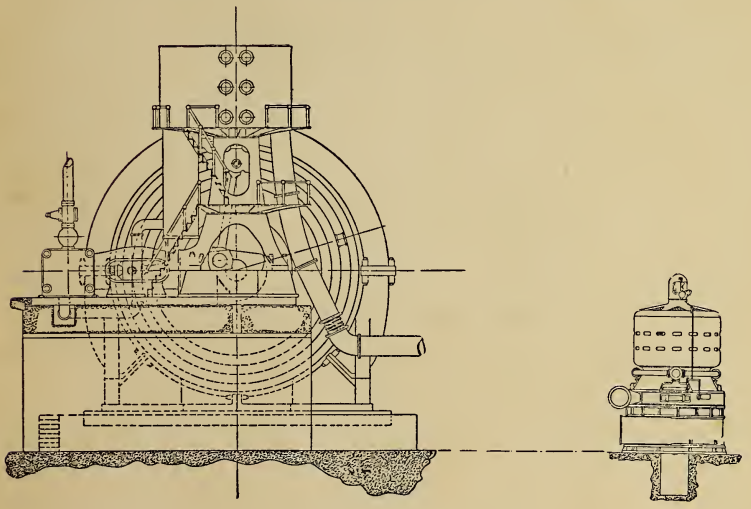
Biblioteca dell' "Elettricista" *(Novità scientifiche).* N. 2.

Ing. ELVIO SOLERI

LE CENTRALI ELETTRICHE

DEGLI STATI UNITI D'AMERICA

Con 39 figure intercalate nel testo e 19 diagrammi



ROMA

Casa Editrice "L'Elettricista"

1906

Roma - Tip. Nazionale di G. Bertero e C.

621.2502
S643c

INDICE

Capitolo I. — *Cenni storici* . . . . . Pag. 11

Capitolo II. — *Notizie statistiche* . . . . . » 25

Capitolo III. — *La municipalizzazione delle centrali elettriche* » 56

Capitolo IV. — *Criteri generali tecnici delle centrali elettriche negli Stati Uniti — Generatori della energia meccanica — Generatori della energia elettrica e sua distribuzione* . . . . . » 58

Le centrali termiche.

Capitolo V. — *Il sistema Edison* . . . . . Pag. 81

New York Edison Company . . . . . » 83

Edison Electric Company Brooklyn . . . . » 93

Il sistema Edison a Chicago . . . . . » 94

La Compagnia Edison a Chicago . . . . . » 97

Commonwealth Electric Company. . . . . » 99

Organizzazione finanziaria del sistema . . » 101

La Compagnia Edison di Filadelfia. . . . » 102

Boston Edison Electric Illuminating C. . . » 104

Capitolo VI. — *Il sistema delle Elevated Railway* . . . . . » 108

Interborough Rapid Transit Company. . . » 108

Interborough Rapid Transit Company Subway Division. . . . . » 115

Brooklyn Rapid Transit Company . . . . » 119

Boston Elevated Railway Company. . . . » 121

Capitolo VII. — *Sistemi indipendenti*. . . . . » 123

1. Union Light Power Station — St.-Louis » 123

2. La centrale dell'Esposizione di St.-Louis » 128

Le centrali idroelettriche.

Capitolo VIII. — *Il sistema del Niagara* . . . . . *Pag.* 140

La Niagara Falls Hydraulic Power and Manifacturing Company . . . . . » 140

La Niagara Falls Hydraulic Power C. . . . » 144

La Distribuzione nella città di Buffalo . . » 150

La 'Electrical Development Company di Ontario. . . . . » 158

La Canadian Niagara Power Company . . » 161

La Ontario Power Company . . . . . » 163

Capitolo IX. — *Il sistema del Pacifico* . . . . . » 168

Il Bay Counties Power System. . . . . » 169

La Seattle Tacoma Company . . . . . » 173

LE CENTRALI ELETTRICHE

DEGLI STATI UNITI D'AMERICA

PREFAZIONE.

La letteratura tecnica della Elettricità, ricca di opere e periodici relativi alla descrizione, al calcolo e alla costruzione del macchinario elettrico, difetta di trattati che riassumano e discutano le norme tecniche che debbono regolare l'impianto delle Centrali, delle distribuzioni relative, e si occupino dei vari particolari, dalla scelta del sistema più conveniente, fino alla analisi delle disposizioni di installazione ed esercizio.

Uno studio di tali impianti, accompagnato da una sintesi che riassuma le tendenze generali risultanti, e che ponga in rilievo quelle disposizioni che hanno dato migliori risultati, riesce di grande interesse, specialmente quando l'indagine si estenda ad un gruppo importante di impianti elettrici.

L'ing. Elvio Soleri, *tecnico di una delle massime Ditte italiane costruttrici di macchinario elettrico, visitava i maggiori impianti elettrici degli Stati Uniti d'America per incarico del Ministero di agricoltura, industria e commercio, ed ora egli ha portato un largo contributo a questa letteratura con la sua opera sulle* **Centrali Elettriche degli Stati Uniti.**

Quest'opera, risultato delle visite alle Centrali americane più interessanti e caratteristiche, e di un esame critico della evoluzione degli impianti di generazione e distribuzione della corrente elettrica nel nuovo continente,

è una larga sintesi della tecnica americana, che in questo campo, più che in ogni altro, giunge a manifestazioni veramente grandiose ed è alcune volte insuperata per praticità di disposizione e di costruzione.

La Casa editrice " L'Elettricista „ nell'intraprendere questa speciale edizione dell'opera del Soleri, arricchita di diagrammi e di numerose figure originali, è convinta di aver reso un utile servigio ai tecnici italiani.

Roma, febbraio 1906.

Gli Editori.

CAPITOLO I.

CENNI STORICI.

La centrale elettrica, definita come quell'insieme di macchine motrici e di generatori elettrici destinati alla produzione della corrente elettrica e alla sua distribuzione in una zona sufficientemente estesa, non seguì immediatamente la invenzione della dinamo elettrica, la quale, pure essendo in grado di trasformare la energia meccanica in energia elettrica sotto la sua forma più acconcia alla applicazione ai servizi di illuminazione e forza motrice, non era accompagnata da un eguale perfezionamento negli apparecchi utilizzatori e nei mezzi di distribuzione.

Prima del 1878 non era ancora stata inventata la lampada ad incandescenza, e pareva ancora un'utopia la suddivisione della corrente elettrica e la sua trasmissione a distanza.

Tommaso Edison nel suo laboratorio di Menlo Park N. J. nel 1878 brevettava quella lampada ad incandescenza, che con pochi perfezionamenti permetteva alla corrente elettrica di essere economica sorgente di luce, di entrare nel campo pratico ed industriale.

Parallelamente il grande inventore studiava e trovava il modo di distribuire in una zona circostante alla dinamo la corrente elettrica ad un numero qualunque delle sue lampadine. Quel sistema proposto in un'epoca in cui si conoscevano poco chiaramente le leggi relative ai circuiti elettrici, regola ancora oggi nel suo principio generale le distribuzioni di pressochè tutte le centrali americane e di molte europee.

Trovato un mezzo di utilizzare la corrente elettrica, e scoperto un sistema di sua distribuzione che senza perdite eccessive permetteva di alimentare in una zona sufficientemente estesa le lampadine elettriche, la centrale elettrica ebbe motivo di sorgere, e negli Stati

Uniti sotto la personale direzione dell' Edison, se ne videro i primi esempi. Nel suo brevetto 3 febbraio 1879, l'Edison patentava il sistema per cui su un circuito alimentato da due dinamo in serie si potevano inserire in parallelo delle lampade ad incandescenza.

Edison perfezionava la costruzione della macchina dinamo-elettrica quando assolutamente oscuri ne erano i processi di calcolo e nella sua patente 17 giugno 1879 dettava molti dei principi che governano la attuale tecnica delle costruzioni elettriche, quale quello della autoecccitazione e della minima resistenza dell'armatura.

Tommaso Edison, che intanto dalla lampada a filamento di platino era passato a quella a filamenti di carbone, era impaziente di provare nel campo pratico il suo sistema che ai più pareva frutto d'una mente fantastica e nell'inverno 1880-81 installava un impianto a Menlo Park per la illuminazione delle vie e case, laboratorii, officine, usando 425 lampade ad incandescenza da 16 candele.

La distribuzione era a tre fili sotterranea e la corrente era generata da dieci dinamo della potenza di otto cavalli, i cui campi di eccitazione erano connessi in serie, ed eccitati da una dinamo simile alle precedenti.

Dopo questa prova Edison concepiva il progetto di usare una sola grande dinamo e di accoppiarla direttamente alla motrice termica, preludendo al concetto direttivo delle moderne centrali elettriche. La dinamo costrutta come tentativo condusse alla storica " Jumbo „ che esposta nel 1881 a Parigi, suscitava tanta meraviglia ed ammirazione. A questa esposizione la dinamo alimentava 500 lampade ad incandescenza.

Le succedeva la Jumbo N. 2 che veniva installata a Londra nella prima centrale della Edison Electric Light Company.

Il primo impianto elettrico che funzionasse negli Stati Uniti a scopo commerciale fu rappresentato da una dinamo tipo Z, montata nel gennaio 1881 nello stabilimento di Hinds-Ketcham e Co. New York a scopo di illuminazione. Il primo albergo illuminato a luce elettrica fu le Blue Mountain House in Adirondacks, ed il primo teatro il Biyou Theatre di Boston, che richiedeva 650 lampade.

La prima centrale elettrica per uso pubblico che sorgesse su

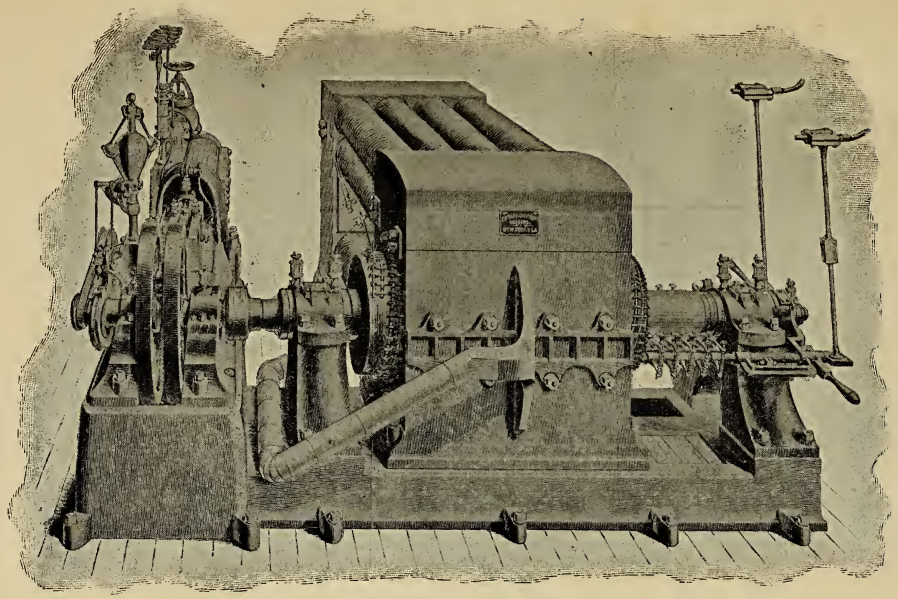


Fig. 1. — *La prima dinamo Edison.*

suolo americano, ebbe sede a New York nella Pearl Street e fu costrutta sotto la direzione personale di Edison, che colle sue invenzioni della lampada ad incandescenza e del sistema di distribuzione che prende il suo nome, e colla costruzione delle prime dinamo a corrente continua, aveva reso possibile la generazione e la suddivisione della corrente elettrica a scopo commerciale.

Quando nel 1881 si cominciò a collocare le dinamo Jumbo in un vecchio edificio commerciale, trasformato in centrale elettrica, ogni particolare di questa tecnica era da creare.

Uno studio minuto di questa centrale può far sorridere i tecnici attuali provati a tutte le moderne soluzioni del complesso problema di generare la corrente elettrica e di regolarne la produzione e distribuzione, ma certo riempie di meraviglia chi constati come quel sistema di distribuzione regna ancora inalterato nelle città americane, e come molte disposizioni, quali quella dell'accoppiamento diretto delle motrici termiche alle dinamo, oggi son ritornate in uso come le più pratiche.

Quella centrale aveva quattro caldaie Babcock e Wilcox della potenza di 240 cavalli, che messe in funzionamento il 4 settembre 1881 lavorarono in modo continuo fino al marzo 1894, e tolte di là furono nuovamente installate, compiendo un ciclo di lavorazione di venti anni.

Le motrici erano in numero di sei, del tipo Porter Allen della potenza nominale di 125 cavalli funzionanti a 8 atmosfere, e 150 giri. Le sei dinamo erano del tipo Edison " Jumbo „ con una capacità di 1200 lampade ad incandescenza da 16 candele; erano collocate in tre linee parallele alla maggiore lunghezza dell'edificio.

Le sbarre omnibus della stazione erano formate di sbarre di rame cilindriche, unite con cavi flessibili alle dinamo.

I feeder entravano dalla parte posteriore dell'edificio ed erano connessi alle sbarre mediante interruttori di sicurezza. Un interruttore principale univa le dinamo alle sbarre. I campi magnetici delle dinamo erano regolati simultaneamente, mediante reostati comandati con alberelli orizzontali.

La centrale non aveva alcun apparecchio di misura, ma semplicemente indicatori di tensione e lampade elettriche.

Le dinamo venivano avviate il 5 luglio, e l'impianto veniva aperto commercialmente il 4 settembre 1882, ad un carico di 400 lampade.

Tutto pareva funzionasse nel modo migliore, le fatiche di Edison che non si era risparmiato durante la costruzione di questo impianto sembrava dovessero essere coronate da splendido successo, ma quando si tentò di accoppiare in parallelo colla prima una seconda dinamo, queste cominciarono a galoppare, mentre le motrici acceleravano la loro velocità in modo impressionante. Venne staccata la seconda macchina, e per molto tempo non si ripetè l'esperimento.

Edison riuscì con un complicato sistema di ingranaggi e leve a regolare le motrici durante la marcia in parallelo, ma quando nel 1882 le motrici Armington e Sims dimostrarono di potersi regolare in modo indipendente, vennero sostituite alle motrici Porter-Allen.

Intanto i consumatori del nuovo sistema di illuminazione crescevano. Nel dicembre 1883 erano in uso 10,297 lampade, con 513 consumatori; la rete sotterranea comprendeva 30 km. di distributori. Nel 1884 vennero connessi a questa rete i primi motori elettrici, mentre le stazioni Edison si moltiplicavano e funzionavano in molti piccoli centri ed abitazioni private.

Intanto la dinamo Brush e la Thomson Houston rendevano pratica la illuminazione ad arco coi sistemi in serie, ed in pochi anni si diffondevano le stazioni centrali per la illuminazione pubblica che cominciò d'allora ad essere elettrica.

Durante i cinque anni che passano dal 1884 al 1889 la stazione centrale tipo appare formata da due o più motrici, ad alta velocità, azionanti a mezzo di cinghie dinamo elettriche, spesso di diverso costruttore, per stabilire in quegli anni in cui i criteri di costruzione erano oscuri, quali fossero i tipi migliori.

Le macchine a corrente continua erano spesso in presenza di macchine a corrente alternata per l'illuminazione ad arco.

Le motrici termiche usate in quei giorni erano principalmente le Armington & Sims monocilindriche, della potenza variabile da

50 a 110 HP: la potenza di 150 HP rappresentava un massimo, raramente raggiunto. Altre motrici che si disputavano il campo erano la Ball, la Idle, la New York Safety e la Westinghouse. Ma ben presto le motrici compound vennero in voga, aumentando la potenza e regolarità delle unità, e le stesse Case costruttrici sopra indicate, cui si aggiunsero principalmente la Mc. Intosh & Seymour la Harrisburg Machine Work, poterono in breve fornire alle centrali queste nuove motrici.

Nel 1887, per la iniziativa della Sprague Electric Railway & Motor C., la trazione elettrica cominciava ad avere le sue prime linee commerciali, e a Richmond in quell'anno cominciarono a circolare le prime quaranta vetture elettriche. Questo nuovo campo d'applicazione della corrente elettrica che così rapidamente si sviluppò, contribuì alla costruzione di nuove centrali elettriche ed al loro perfezionamento.

Le centrali elettriche, dovendo provvedere a così vari servizi di illuminazione, forza motrice e trazione, aumentarono di potenza, e cominciarono ad usare motrici di maggiore capacità, comandanti mediante cinghia e contralbero le dinamo.

Venne un periodo, e ce ne dà esempio la West End Station di Boston, in cui schema generale della stazione fu quello di motrici Corliss di grande potenza e di numerose piccole dinamo a grande velocità, comandate mediante un unico contralbero, a cui potevano accoppiarsi mediante innesti a frizione.

Nel periodo dal 1887 al 1890 appariva come le unità elettriche di grande potenza fossero di 80 kwatt, per quanto l'esercizio della trazione cominciasse a reclamare grande quantità di energia elettrica, che più convenientemente si sarebbe potuta generare mediante unità di maggiore potenza.

Intanto la costruzione delle macchine elettriche veniva perfezionandosi, gli induttori a quattro e più poli si sostituivano alla macchina bipolare, si cominciarono a calcolare le induzioni magnetiche con maggiore sicurezza, fu possibile ridurre le velocità di rotazione delle armature, e quando la velocità di 150 giri parve pratica, le macchine elettriche cominciarono ad accoppiarsi diretta-

mente alle motrici, che pure esse venivano perfezionandosi nei loro congegni di distribuzione e regolazione, in modo da poter seguire il carico variabile che una distribuzione elettrica reca con sè.

Le unità di piccola potenza erano formate da macchine con velocità da 150 a 300 giri; quelle di grande potenza da 100 a 150 giri al minuto.

L'elettrotecnica aveva oramai superato il periodo storico: uscita dal laboratorio, era entrata nelle officine, procedeva sicuramente alla costruzione delle macchine dinamo-elettriche ed apparecchi relativi.

Le stazioni centrali avevano reso assai denso il servizio nella zona cui potevano accedere, e si erano moltiplicate nelle grandi città.

Le stazioni centrali idroelettriche cominciavano a servirsi dei perfezionamenti della idraulica applicata alla meccanica per trasformare la forza delle acque in forza elettrica.

La corrente alternata trovava appunto in quel momento modo di diffondersi e di diventare pratico mezzo di trasporto di energia a grande distanza, coi trasformatori e motori a campo rotante, che in breve mutarono la tecnica delle stazioni centrali.

Quale prima conseguenza della possibilità della trasmissione della corrente elettrica a grandi distanze, le centrali elettriche vennero aumentando di potenza per alimentare zone più estese di quanto non fosse concesso mediante la corrente continua. I vantaggi di avere poche e potenti stazioni centrali, in luogo di molte piccole centrali disseminate nel centro dei vari quartieri, risultarono immediatamente dall'economia di esercizio delle motrici termiche, in migliori condizioni di rendimento e di regolazione, dalla economia di personale sorvegliante e dalla minore spesa di impianto, riferita alla unità motrice.

La ubicazione delle centrali stesse poteva essere scelta nella località più conveniente.

I grandi impianti idroelettrici trovarono modo di impiantarsi, traendo dalla possibilità della trasmissione dell'energia a distanza un più ampio mercato per il loro esercizio.

Le motrici termiche aumentarono di potenza accoppiandosi direttamente a generatori a corrente alternata di migliaia di kilowatt, poichè i perfezionamenti della meccanica e della elettromeccanica erano ormai tali da non avere un incaglio nella grandezza della massa da trattare.

Il progresso realizzato nell'ultima decade nella costruzione dei gruppi generatori elettrici e la trasformazione che essi hanno recato in tutta la tecnica delle centrali elettriche ci è mostrato da uno sguardo retrospettivo alle centrali e loro motrici del 1893.

In quell'anno a Chicago si apriva una Esposizione mondiale che aveva una grande importanza nella storia della elettrotecnica, in quanto affermava che oramai, superato il periodo storico, le tecniche della generazione, distribuzione ed utilizzazione della corrente elettrica erano entrate nel regime della pratica, ove più lente e sicure si succedono le trasformazioni.

Quest'anno l'Esposizione di Saint Louis ci può dire quale evoluzione ha subìto la costruzione delle centrali elettriche, colla sua centrale, che, come già quella dell'Esposizione di Chicago, provvide alla totalità dei servizi elettrici dell'Esposizione.

Questa centrale a unità di grande potenza rappresenta il prototipo della moderna grande centrale termica per servizio urbano nelle città americane, e costituisce nel suo insieme un grande progresso su quanto l'industria elettrica degli Stati Uniti aveva presentato all'Esposizione di Chicago.

L'impianto di quella Esposizione, pure avendo una capacità vicina a quella della centrale di Saint Louis, era formata da 12 unità generatrici di 750 kilowatt, che rappresentavano i tipi di massima potenza allora costrutti dalla Westinghouse, che ne era già stata la fornitrice; invece attualmente le motrici di 3500 cavalli, che abbiamo funzionanti in questa centrale, non rappresentano che tipi di media potenza. L'industria manifatturiera americana ha in questi ultimi anni costrutto unità generatrici di maggiore potenza, come le 17 della " Manhattan Elevated and Subway roads „ a New York, della potenza di 7000 cavalli, e come le 8 unità installate dalla British Westinghouse Company, per la stazione centrale della

Underground Electric Railways C. di Londra, e come ancora le unità turbo-alternatrici che raggiungono i 10,000 cavalli e certamente aumenteranno di potenza, quando unità così grandi siano consigliabili nell'esercizio di una centrale.

Queste grandi unità direttamente accoppiate a motrici termiche che ordinariamente funzionano in centrali collocate nel centro degli abitati per facilità ed economia di distribuzione, si sono sviluppate anzitutto per il bisogno di occupare una minima area, e mentre le turbine a vapore rappresentano il massimo progresso realizzato in questo ordine di idee, occupando uno spazio metà di quello di una macchina a cilindri di eguale potenza, anche anche le motrici termiche a tipo verticale si presentano assai compatte.

In questa Esposizione lo spazio occupato dall'impianto dei servizi della potenza di 12,000 HP, è solo la nona parte dello spazio richiesto da sei unità generatrici di 1000 HP comandate per mezzo di cinghia, funzionanti all'Esposizione di Chicago. Le motrici attuali occupano un'area di metri 4. 50 $\times$ 10. 50, quelle di Chicago occupavano, pure avendo un terzo di potenza, uno spazio di metri 7. 50 $\times$ 19. 50.

L'introduzione della corrente alternata ha non solo trasformato indirettamente i gruppi motori generatori, facendoli assurgere a grandi potenze, ma ha direttamente richiesto tutta una tecnica che non aveva nulla di comune colla precedente.

Alternatori, trasformatori, motori, convertitori rotanti, divennero le macchine delle nuove centrali e distribuzioni; le alte tensioni introdussero nuove necessità nella costruzione delle centrali; gli interruttori ad olio, i mezzi di produzione e di isolamento, gli apparecchi di misura a trasformatore, i nuovi apparecchi di sincronismo convertirono il quadro primitivo Edison a corrente continua a bassa tensione in costruzioni complesse di quadri di manovra e distribuzione con comando a distanza, con apparecchi di protezione e di regolazione, sviluppando tutta una tecnica in cui gli Americani sono maestri, e di cui avremo a considerare più esempi nella presente relazione.

Gli impianti del Niagara e delle Coste del Pacifico hanno segnato il periodo dei grandi impianti idroelettrici, e le costruzioni attuali che tendono a creare centrali idroelettriche di potenza immensa certo avranno una grande importanza nella storia industriale americana.

Collo sviluppo della elettrotecnica, l'elettricità si diffuse sempre maggiormente, dimostrando di potere in tutte le sue trasformazioni piegarsi ai più vari bisogni dell'uomo.

Le centrali elettriche si moltiplicarono, ed il numero di esse, che ogni anno si veniva ad aggiungere alle precedenti, crebbe in modo rapidissimo, come indica il seguente quadro statistico, che per le centrali private e municipali indica, per il periodo dal 1881 al 1902, il numero delle stazioni sorte ogni anno (Tabella N. 1):

Tabella N. 1.

Numero delle centrali elettriche entranti in funzionamento nei diversi anni.

ANNO	Totale	Centrali private	Centrali municipali
Totale . . .	3,620	2,805	815
1902 (dal 1° gennaio al 1° giugno)	146	106	40
1901	250	185	65
1900	213	152	61
1899	237	178	59
1898	277	195	82
1897	228	170	58
1896	193	129	64
1895	239	166	73
1894	191	144	47
1893	192	161	31
1892	247	190	57
1891	198	157	41
1890	227	198	29
1889	208	168	40
1888	160	142	18
1887	147	127	20
1886	100	86	14
1885	55	49	6
1884	47	43	4
1883	27	25	2
1882	30	27	3
1881	8	7	1

A questo aumento di centrali elettriche che in così breve periodo di anni raggiunsero ogni minore centro abitato del continente Nord-Americano, corrispose continuamente una crescente applicazione della energia elettrica a scopo di illuminazione, forza motrice e trazione.

Il diagramma n. 1 illustra per la città di Chicago e Cincinnati, per il periodo di 4 anni, come il carico di illuminazione e di forza motrice, sia venuto crescendo e più che raddoppiandosi.

I diagrammi N. 1, 2, 3 e 4, poi, indicano come la trazione elettrica, che attualmente è l'industria elettrica più importante degli Stati Uniti, abbia moltiplicati i suoi capitali, le sue linee, il suo materiale mobile, porgendo l'esempio di un servizio che colla " Elevated „, i " Subway „, le linee urbane ed interurbane, non ha pari in altro paese.

La tabella n. 2 riassume lo sviluppo attuale delle centrali elettriche in tutti i suoi aspetti che verremo particolarmente considerando.

Tabella N. 2.

Prospetto delle centrali elettriche alla fine del 1902.

OGGETTO	Totale	Centrali private	Centrali municipali
Numero delle stazioni	3,620	2,805	815
Costo della costruzione e impianti	504,740,352	482,719,879	22,020,473
Proventi dell'esercizio . . ,	84,186,605	77,349,749	6,836,856
Proventi da altre parti . . .	1,514,000	1,385,751	128,249
Reddito lordo	85,700,605	78,735,500	6,965,105
Spese totali	68,081,375	62,835,388	5,245,987
Impiegati:			
Numero medio	6,996	6,046	950
Stipendi	5,663,580	5,206,199	457,381
Salariati:			
Numero medio	23,330	20,863	2,467
Stipendi	14,983,112	13,560,771	1,422,341
Motrici:			
Motrici termiche:			
Numero	5,930	4,870	1,060
Cavalli	1,379,941	1,232,923	147,018
Turbine:			
Numero	1,390	1,308	82
Cavalli	438,472	427,254	11,218
Generatori:			
Dinamo:			
Corrente continua voltaggio costante:			
Numero	3,823	3,405	418
Cavalli	442,446	418,913	23,533
Corrente continua amperaggio costante:			
Numero	3,539	2,957	582
Cavalli	195,531	157,768	37,763
Corrente alternata:			
Numero	5,122	4,300	822
Cavalli	987,003	896,315	90,688
Capacità delle centrali:			
Kw-ora, totale per l'anno .	2,507,051,115	2,311,146,676	195,904,439
Num. totale lampade ad arco	385,698	334,903	50,795
Num. totale lampade ad incandescenza	18,194,044	16,616,593	1,577,451

Può essere interessante un esame dell'influenza degli impianti di produzione a gas sulla evoluzione del periodo storico delle centrali elettriche per illuminazione.

La generazione del gas illuminante prima a solo scopo di illuminazione e poi a scopo pure di distribuzione di forza motrice, ha cominciato ad avere i suoi impianti nel 1800 negli Stati Uniti, e perciò quando nel 1880 le prime stazioni generatrici elettriche cominciarono ad entrare in concorrenza con le Compagnie del Gas, la lotta, sia sotto il punto di vista tecnico che finanziario, pareva impari.

La energia elettrica intanto veniva perfezionata nei suoi metodi di generazione e distribuzione, dimostrava come potesse più economicamente fornire luce migliore, faceva conoscere molte applicazioni a cui il gas non poteva adattarsi.

Cominciò allora la lotta fra le due industrie, e, come sul nostro continente, non ebbe altro effetto che quello di aumentare il bisogno umano di illuminazione, estendere le applicazioni delle due forme di energia, senza che la luce elettrica riuscisse a sostituirsi completamente alla illuminazione a gas, che possiede requisiti preziosi.

Negli Stati Uniti le due industrie si sono sviluppate parallelamente, il più delle volte esercite dalla stessa Compagnia che, possedendo gli impianti a gas, voleva eliminare la concorrenza della elettricità.

La seguente tabella n. 3 fornisce la statistica degli impianti esistenti in due anni diversi, assai vicini, per la generazione del gas e della elettricità.

Tabella N. 3.

Sommario comparativo delle centrali elettriche e impianti a gas

OGGETTO	Centrali elettriche 1902	Impianti a gas 1900
Numero di stabilimenti	3,620	877
Costo della costruzione e impianto	504,740,352	567,000,506
Costo del materiale e combustibile	22,915,932	20,605,356
Impiegati:		
Numero medio	6,996	5,904
Stipendi	5,663,580	5,273,500
Salariati:		
Numero medio	23,330	22,459
Stipendi	14,983,112	12,436,296
Proventi	85,700,605	75,716,693

Dal che appare come gli impianti elettrici in un periodo di tempo assai minore di quello concesso allo sviluppo degli impianti per la fabbricazione del gas, si siano installati in numero enormemente superiore di questi, dimostrando la grande importanza dell'industria elettrica per le svariate applicazioni a cui può dare luogo.

Il numero maggiore degli impianti elettrici è dovuto pure al fatto che essi possono adattarsi a piccole potenze e servire a piccoli centri, i quali non potrebbero addivenire all'impianto di gasogeni.

Devesi però considerare che molte centrali elettriche americane hanno una potenza superiore a quella di molti impianti per gas riuniti insieme; quindi per quanto molti impianti elettrici siano di piccole potenze, la statistica ci indica che gli impianti elettrici hanno attualmente una sensibile supremazia sugli impianti a gas.

Il costo di impianto di 3620 centrali elettriche sarebbe minore

del costo di installazione di 877 impianti a gas, e gli utili sarebbero sensibilmente maggiori per la industria elettrica.

Rispetto alla distribuzione degli impianti è notevole considerare come 877 impianti a gas occupano 827 città, per cui il 94 per cento di queste città hanno un solo impianto a gas; di queste 827 città, 674, cioè l'81 per cento sono munite pure di impianti elettrici.

Le statistiche indicano ancora che il 75 per cento delle centrali elettriche sono collocate in città di popolazione inferiore ai 5000 abitanti, mentre le centrali a gas compaiono col 22 per cento, indicando come per i piccoli centri l'impianto elettrico di illuminazione sia stato generalmente adottato.

CAPITOLO II.

NOTIZIE STATISTICHE.

Il numero totale delle centrali elettriche esercenti la vendita della corrente elettrica, sottoposte al controllo del Department of Commerce and Labor, e di cui fu possibile ottenere dati statistici, era alla fine del 1902 di circa 3620.

In questo numero non sono comprese le piccole stazioni generatrici appartenenti ad alberghi o stabilimenti che producono la elettricità per proprio uso, il numero di queste centrali ammonta a circa 50,000.

Delle stazioni centrali considerate, 2805, ovvero il 77.5 per cento appartengono alla industria privata, mentre 815, ovvero il 22.5 per cento sono esercite da municipalità.

Tredici stazioni elettriche esercite in precedenza da Municipalità, sono passate nel 1902 alla industria privata.

Il carattere della industria americana di formare grandi corporazioni e trust che riuniscano più Ditte esercenti, appare da queste statistiche, in quantochè 756 impianti corrispondenti al 27 per cento del numero totale, sono esercìti da privati e da Ditte, mentre 2.049, cioè il 73 per cento sono nelle mani di corporazioni.

La tabella seguente classifica le centrali che si dedicano ai vari scopi cui si può adibire la elettricità.

Tabella N. 4.

Classificazione delle centrali private e municipali secondo il carattere del servizio.

CARATTERE DEL SERVIZIO	Totale	Centrali private	Centrali municipali
Illuminazione ad arco			
privata	2,020	1,667	353
pubblica	2,522	1,810	712
Illuminazione ad incandescenza:			
privata	3,484	2,752	732
pubblica	2,491	1,889	602
Potenza motrice:			
stazionaria	1,093	975	118
trazione	159	157	2
Diversi	161	152	9

La statistica ci fa riconoscere come il 97 per cento delle stazioni private provvedano al servizio illuminazione, mentre tutte le stazioni municipali si dedicano a questo servizio.

Le stazioni centrali esercite dalla industria privata producono la energia a scopo di illuminazione e potenza motrice, solo 21 centrali si dedicano unicamente alla illuminazione ad arco, e 526 alla illuminazione ad incandescenza, le stazioni centrali municipali si dedicano essenzialmente al servizio illuminazione, e troviamo 61 stazioni generanti unicamente per le lampade ad arco, ed 80 per la illuminazione ad incandescenza. Appena il 16 per cento di queste centrali usa la corrente a scopo di forza motrice, mentre il 31 per cento delle stazioni private provvede a questo servizio.

Gli impianti municipali costituiti essenzialmente per provvedere ai servizi pubblici di illuminazione, che sono caratterizzati dalle lampade ad arco, provvedono pure in parte alla vendita della

energia elettrica per usi privati; tutte le centrali, eccetto 77, nella ragione cioè del 91 per cento, si sono sostituite alla industria privata.

La tabella n. 5 ci fa conoscere come siano distribuite le centrali nei vari centri urbani, ci dimostra come i tre quarti degli impianti siano in città aventi una popolazione minore di 5000 abitanti, e come le centrali municipali abbiano questa distribuzione nella ragione dell'82. 2 per cento.

Tabella N. 5.

Numero delle centrali private e municipali classificate secondo la popolazione delle città

POPOLAZIONE DELLE CITTÀ	Totale		Centrali private		Centrali municipali	
	Num.	per cento	Num.	per cento	Num.	per cento
Totale . . .	3,620	100 0	2,805	100. 0	815	100. 0
Meno di 5,000	2,714	75. 0	2,044	72. 8	670	82 2
Da 5,000 a 25,000	675	18. 6	554	19. 8	121	14. 8
Da 25,000 a 100,000	128	3. 6	115	4. 1	13	1 6
Da 100,000 a 500,000. . . .	73	2 0	66	2. 4	7	0. 9
Da 500,000 in più	30	0 8	26	0 9	4	0. 5

Le municipalità di città minori, il cui impianto richiedeva un minore investimento di capitali, si sono lasciate indurre più facilmente ad esercire le industrie elettriche che non le città di media popolazione.

È forse interessante notare come il massimo contributo agli impianti municipali sia dato dagli Stati del Nord.

Le sei città americane che hanno più di 500,000 abitanti, comprendono 30 centrali che rappresentano la industria elettrica nelle sue più grandiose manifestazioni.

La tabella seguente n. 6 ci riunisce i loro principali dati relativi.

Tabella N. 6.

Centrali elettriche in città con popolazione superiore a 500,000 abitanti.

OGGETTO	Totale	New York	Chicago	St Louis	Boston Philadelphia Baltimore
Numero delle stazioni . . .	30	7	9	5	9
Capitale emesso	116,001,550	61,744,600	11,954,300	6,400,000	35,902,650
Dividendi	1,909,629	150,000	515,982	30,000	1,213,647
Obbligazioni	97,959,002	50,246,000	9,508,000	5,000,000	33,205,002
Costo impianto	111,004,658	41,667,897	24,399,685	12,050,313	32,886,763
Proventi totali dell'esercizio	20,909,520	91,836,266	3,543,737	1,267,819	6,261,698
Lampade arco.	6,428,993	2,811,723	1,147,699	330,369	2,139,202
Id. incandescenza.	10,988,025	5,231,102	1,859,148	592,150	3,305,625
Diversi	3,492,502	1,793,441	536,890	345,300	816,871
Proventi da altre fonti . .	47,424	10,949	—	2,754	33,721
Provento lordo	20,956,944	9,847,215	3,543,737	1,270,573	6,295,419
Spese totali	17,376,301	8,628,894	2,466,628	1,153,383	5,127,396
Salari e stipendi	4,749,167	2,184,629	745,401	389,669	1,429,468
Materiali e combustibili	4,369,550	2,252,614	741,447	366,721	1,008,768
Affitti e miscellanee. . .	3,547,438	1,718,351	511,536	140,993	1,176,558
Interessi sulle obbligazioni	4,710,146	2,473,300	468,244	256,000	1,512,602
Impiegati:					
Numero medio	1,022	348	267	80	327
Stipendi	1,154,882	368,868	278,873	101,584	405,557
Salariati:					
Numero medio	4,799	2,358	624	390	1,427
Salari	3,594,285	1,815,761	466,528	288,085	1,023,911
Cavalli dell'impianto motore	261,640	111,880	46,885	21,052	81,823
Cavalli dell'impianto generatore	224,054	76,579	48,623	21,383	77,469
Capacità delle stazioni in Kwatt-ora, per anno . .	368,632,306	153,288,077	67,479,260	28,578,460	119,286,509
Miglia di distributori e feeder	17,599. 95	4,193. 19	1,606. 72	812. 67	10,987. 37

Il costo di costruzione di queste 30 stazioni è il 22 per cento del costo totale di costruzione delle 3120 centrali degli Stati Uniti, i redditi lordi il 24.4 per cento, e le spese, comprese le tasse e gli interessi. il 25.5 per cento.

La tabella n. 7 dà alcune notizie finanziarie sul complesso delle stazioni centrali esercite negli Stati Uniti da Società.

Tabella N. 7.

Capitale totale e debiti delle compagnie incorporate.

Capitale totale e debiti autorizzati	743,296,266
Capitale versato e debiti emessi	627,515,875
Capitale:	
autorizzato	435,178,372
versato	372,951,952
Dividendi	6,189,837
Debito:	
autorizzato	308,117,894
pendente	254,563,923
Interesse	12,118,740

Questa tabella ricavata dalle statistiche del " Census office „ in base alla quantità di energia venduta, desunta da regole di proporzionalità nel caso di Compagnie esercenti collo stesso impianto più industrie contemporaneamente, indica come del capitale totale autorizzato delle Compagnie elettriche, il 58.5 per cento sia formato da capitale versato, mentre il 40.5 per cento è formato da obbligazioni e debiti.

Del capitale totale autorizzato venne emesso l'85.7 per cento, di cui il 6.4 come azioni privilegiate, ed il 93.6 come azioni comuni.

Vennero pagati durante il 1902 i dividendi sul 36.2 per cento delle azioni emesse, cioè su dollari 126,284,352, con una media del 4.4 per cento.

Ricevettero dividendi il 51.1 per cento delle azioni privilegiate, con una media di 5.2 per cento.

Dollari 222,795,929 di azioni comuni, e dollari 11,674,208 di azioni privilegiate non ricevettero dividendi. La media generale condurrebbe ad un dividendo del 0.98 per cento.

Di 2049 Società, 795 pagano interessi su debiti ed obbligazioni, l'ammontare di questi debiti è dollari 250,535,749 e l'interesse pagato è equivalente alla media del 4,8 per cento.

Delle stazioni municipali, 656 hanno emesso obbligazioni per dollari 11,609,488, e 635 hanno pagato nel 1902 un complesso di interessi per dollari 504,805, corrispondenti al 4.5 per cento di interesse sul capitale emesso come obbligazioni.

Le precedenti statistiche indicano come la crisi che travaglia le nostre industrie elettriche per la pletora di impianti, per il basso prezzo della energia, e per gli impianti non sempre rimuneratori è pure comune all'industria americana della produzione della energia elettrica, malgrado questa si trovi in condizioni tanto favorevoli per la generazione della energia, sia sotto forma idraulica che termica, come per le sue applicazioni, così sviluppate nel nuovo continente.

È forse interessante il riconoscere come nelle città di popolazione superiore ai 500,000 abitanti il livello generale finanziario sia superiore, pel fatto che ivi dall'una parte si sono formate potenti corporazioni finanziarie, che riuniscono in impianti di grande potenza la produzione dell'energia per vari scopi, e dall'altra la vita industriale più intensa, la popolazione più densa, rendono più proficuo l'esercizio degli impianti.

La media dei dividendi pagati sul capitale totale delle Compagnie esercenti in quelle città è 1. 65 per cento, mentre a Chicago si paga il 4. 61, Boston, Filadelfia e Baltimora il 3. 45, New-York 0. 24 e St. Louis 0. 47.

Le stazioni municipali sono in ogni Stato obbligate a ricorrere ad emissione di obbligazioni, essendo loro interdetto l' uso di capitali per azioni.

È opportuna un'analisi sulla natura dell'impiego dei capitali

emessi dalle Società esercenti impianti elettrici e sugli elementi che influiscono sulle loro condizioni di esercizio.

Costo degli impianti. — Il costo totale degli impianti, eserciti dalle industrie private, comprendendo le linee centrali, le sotto-stazioni ed ogni opera costruttiva necessaria, è di dollari 482,719.879 mentre le 2049 Compagnie incorporate hanno da sole speso negli impianti dollari 473,048,734, che rappresentano il 75. 4 per cento del capitale totale emesso.

Il costo totale delle centrali elettriche degli Stati Uniti considerate nella presente statistica, è di dollari 504,740,352 in cui concorrono per il 95. 6 per cento la industria privata e 4. 4 per cento i municipii.

Natura delle entrate. — Il bilancio complessivo delle centrali elettriche ci indica una entrata lorda di dollari 85,700,605 ed una somma di dollari 68,081,315 di spese includenti il pagamento degli interessi. Queste cifre non si possono ritenere quali assolutamente esatte, per la difficoltà di controllo e di separazione di capitali spesso comuni a più industrie esercite dalla stessa Compagnia, e debbono servire a dare una indicazione generale del movimento di capitali provocato dalla industria della energia elettrica.

È invece interessante il riconoscere il modo con cui queste entrate e spese si distribuiscono nei vari reparti, e bisogni di una centrale elettrica.

La tabella n. 8 raccoglie per l'anno 1902 la indicazione dei principali servizi a cui può essere adibita la corrente elettrica, e la percentuale con cui si ripartiscono i proventi nelle stazioni esercite privatamente ed in quelle esercite da Municipii.

Tabella N. 8.

Proventi delle centrali.

OGGETTO	Totale	Centrali private		Centrali municipali	
		Totale	per cento	Totale	per cento
Totale . . .	85,700,605	78,735,500	91. 9	6,965,105	8. 1
Illuminazione ad arco	25,481,045	22,091,800	86. 7	3,389,245	13. 3
Illuminazione ad incandescenza	44,657,102	41,297,484	92. 5	3,359,618	7. 5
Altri servizi elettrici .	14,048,458	13,960,465	99. 4	87,393	0. 6
Proventi da altre fonti	1,514,000	1,385,751	91. 5	128.249	8. 5

La tabella n. 9 indica per gli stessi servizi la percentuale che ad essi spetta delle entrate complessive divise ancora per centrali municipali e private.

Tabella N. 9.

Percentuale di ogni capitale di entrata.

OGGETTO	Totale	Centrali private	Centrali municipali
Totale . . .	100 0	100. 0	100. 0
Illuminazione ad arco	29. 7	28. 1	48. 7
Illuminazione ad incandescenza . .	52. 1	52. 4	48 2
Altri servizi elettrici	16. 4	17. 7	1. 3
Proventi da altre fonti	1. 8	1. 8	1. 8

Appare dalle due tabelle come il servizio cui si dedicano specialmente le centrali municipali è quello della illuminazione ad arco, destinata ai luoghi pubblici; segue la illuminazione a incande-

scenza, e con una minima percentuale la corrente elettrica applicata a scopi diversi da quelli di illuminazione.

La illuminazione a incandescenza forma invece il cespite principale di entrata per le stazioni private; con un grande eccesso su ogni altra entrata.

La percentuale complessiva è ancora a favore della illuminazione ad incandescenza col 52. 1 per cento delle entrate totali.

Contribuiscono a questa distribuzione, il fatto che l'energia elettrica da convertirsi in luce è venduta a un prezzo unitario sensibilmente maggiore della energia da trasformarsi in potenza motrice, ed il fatto che la maggior parte di queste centrali, come altre statistiche dimostrarono, sono di piccola potenza in centri di minore importanza, dove evidentemente sono adibite unicamente a servizio di illuminazione.

Le entrate complessive provenienti dal servizio di illuminazione ammontano a dollari 70,138,147 di cui il 71. 3 per cento è dedicato alla illuminazione di abitazioni private ed uffici, ed il 28. 2 per cento alla illuminazione di vie, parchi ed edifici pubblici.

Quest'ultima percentuale indica come l'uso della corrente elettrica a scopo di illuminazione pubblica sia molto esteso e come nelle città americane si senta intenso il bisogno di una brillante illuminazione stradale, poichè, mentre da una parte la illuminazione a gas è ancora ben diffusa nell'illuminazione pubblica, dall'altra la cifra del 28. 2 per cento in entrate, corrisponde ad una percentuale maggiore in unità luminose per il minor prezzo a cui viene ordinariamente venduta la corrente elettrica a scopo di illuminazione pubblica.

Delle entrate dovute alla illuminazione ad arco, il 33. 2 per cento è dovuta alla illuminazione di proprietà private e commerciali, mentre il 66. 8 per cento alla illuminazione di aree pubbliche, a cui è più adatta la lampada ad arco.

Delle entrate dovute alla illuminazione ad incandescenza, il 93. 8 proviene da consumatori privati e commerciali, ed il 6. 2 da pubblica illuminazione, percentuale che indica come anche nei minimi centri si preferisce per illuminazione di luoghi pubblici il faro a grandi intensità luminose.

Natura delle spese. — Le due seguenti tabelle, n. 10 e 11, compendiano le spese per l'esercizio delle centrali, classificate in categorie, mostrando come si repartiscono nei bilanci delle aziende private e municipali, e in quale percentuale gravino sulla somma totale.

Le spese relative ai materiali e combustibili sono superiori per le centrali municipali che non per le private, per il fatto forse che queste, essendo amministrate da grandi corporazioni, sono in migliori condizioni per l'acquisto di questi materiali sul mercato.

Per l'incontro le aziende municipali pagano assai meno per tasse di cui in generale sono esenti.

La tabella che segue, n. 12, ci dice per le centrali private e municipali degli Stati Uniti come si distribuiscono gli acquisti dei materiali.

Per le stazioni private il maggior capitolo di spesa, fatta eccezione della energia acquistata, è quello delle lampade ad incandescenza, mentre il capitolo corrispondente per le centrali municipali è quello della manutenzione delle lampade ad arco, confermando quanto ci avevano detto altre statistiche, essere il principale campo per le centrali municipali la illuminazione ad arco.

Tabella N. **10.**

Spese nelle centrali private e municipali.

OGGETTO	Totale	Centrali private		Centrali municipali	
		Totale	per cento	Totale	per cento
Totale . . .	68,081,375	62,835,388	92.3	5,245,987	7.7
Salari e stipendi . . .	20,646,692	18,766,970	90.9	1,879,722	9.1
Materiale e combustibile	22,915,932	20,493,641	89.4	2,422,291	10 6
Affitto, tasse, assicurazioni	11,895,206	11,456,037	96.3	439,169	4.0
Interessi sulle obbligazioni	12,623,545	12,118,740	96 8	504,805	4.0

Tabella N. **11**.

Percentuale di ciascun capitolo di spese.

OGGETTO	Totale	Centrali private	Centrali municipali
Totale . . .	100 0	100. 0	100. 0
Salari e stipendi	30 3	29. 9	35 8
Materiale e combustibile	33. 7	32. 6	46. 2
Affitto, tasse, assicurazioni	17. 5	18. 2	8. 4
Interessi sulle obbligazioni	18 5	19. 3	9. 6

Tabella N. **12**.

Percentuale del costo di ciascun capitolo di spese per forniture e materiale.

OGGETTO	Totale	Centrali private	Centrali municipali
Totale . . .	100 0	100. 0	100. 0
Apparecchi di misura.	3. 7	3 8	2. 7
Motori	0. 3	0. 3	0. 1
Trasformatori	3. 2	3. 2	4 0
Lampade ad incandescenza	13. 4	13. 8	8 3
Forniture per lampade ad incandescenza.	1. 6	1. 5	2 3
Carboni per lampade ad arco . . .	9. 3	8. 7	15. 4
Globi per lampade ad arco	1. 5	1. 5	2. 1
Riparazioni di lampade ad arco . .	2. 2	2. 0	3. 3
Pali e mensole	3. 1	3. 1	2. 8
Fili e cavi	10. 2	10. 5	7. 3
Lubrificazione	6. 3	6. 0	9. 7
Energia acquistata	18. 9	19. 5	12. 7
Spese non incluse nei precedenti preventivi.	9. 9	9. 1	18. 5
Diversi	16. 4	17. 0	10. 8

Tabella N. 13.

Costo del combustibile per le centrali private e municipali.

OGGETTO	Totale	Centrali private		Centrali municipali	
		Totale	per cento	Totale	per cento
Totale . . .	11,635,509	10,189,685	87. 6	1,445,824	12. 4
Carbone.	9,943,125	8,749,394	88. 0	1,193,731	12 0
Petrolio	721,838	700,136	97 0	21,702	3. 0
Gas naturale.	254,269	220,460	86. 7	33,809	13. 3
Gas artificiale	28,654	20,135	70. 3	8,519	29. 7
Altro combustibile . .	687,623	499,560	72. 7	188,063	27. 3

Un certo numero d'impianti acquista corrente elettrica per la somma di dollari 1,300,925 in sussidio a quella da essi prodotta; altri acquistano potenza idraulica per dollari 210,619, altri potenza da motrici termiche per dollari 296,831.

Uno studio critico sulle centrali americane, deve prendere in speciale considerazione il combustibile per mostrare quale larga parte abbia questo elemento nello sviluppo degli impianti elettrici che sono per la maggior parte termici e quale natura di combustibile sia ordinariamente usata.

La tabella n. 13 che dà il costo del combustibile per le centrali private e municipali, indica come l'87. 6 per cento del costo totale gravi sulle stazioni private mentre il 12.4 appartenga alle municipali. Il carbone solido appare come il combustibile maggiormente usato, mentre il petrolio ed i gas naturali sono pure largamente rappresentati.

Nella sola California si consuma per dollari 515,820 di petrolio e nel Texas dollari 128,087, lasciando soli dollari 77,931 per gli altri Stati.

Salari. — Per estendere lo studio comparativo tra le centrali esercite dalle industrie private e quelle esercite da municipalità ad ogni elemento che possa fornire modo di riconoscere le leggi che governano questi esperimenti di municipalizzazione, includiamo nella nostra relazione alcune notizie relative agli stipendi e salari degli addetti alle suddette stazioni centrali (tabelle 14, 15 e 16).

Tabella N. **14**.

Numero medio di salariati ed ammontare dei salari per stazioni private e municipali.

OCCUPAZIONI	Totale	Centrali private	Centrali municipali	Percentuale	
				in centrali private	in centrali municipali
Totale:					
Numero medio.	23,330	20,863	2,467	89. 4	10. 6
Salari . . . . . d.	14,983,112	13,560,771	1,422,341	90. 5	9. 5
Sorveglianti:					
Numero medio.	1,000	943	57	94. 3	5. 7
Salari.	953,738	910,972	42,766	95. 5	4. 5
Ispettori:					
Numero medio.	571	546	25	95. 6	4. 4
Salari.	415,904	397,983	17,921	95. 7	4. 3
Macchinisti:					
Numero medio.	4,587	3,743	844	81. 6	18. 4
Salari.	3,259,870	2,721,127	538,743	83. 5	16. 5
Fuochisti:					
Numero medio.	3,456	2,951	505	85. 4	14. 6
Salari.	1,963,465	1,717,149	246,316	87. 5	12. 5
Elettricisti per quadro:					
Numero medio.	1,978	1,872	106	94. 6	5. 4
Salari.	1,351,676	1,286,065	65,611	95. 1	4. 9
Elettricisti per le linee:					
Numero medio.	4,217	3,868	349	91. 7	8. 3
Salari.	2,710,841	2,510,269	200,572	92. 6	7. 4
Meccanici:					
Numero medio.	1,057	1,009	48	95. 5	4. 5
Salari.	796,355	768,694	27,661	96. 5	3. 5
Sorveglianti lampade:					
Numero medio.	2,637	2,318	319	87. 9	12. 1
Salari.	1,654,462	1,460,046	194,416	88 2	11. 8
Altri impiegati:					
Numero medio.	3,827	3,613	214	94. 4	5. 6
Salari.	1,876,801	1,788,466	88,335	95. 3	4. 7

Tabella N. **15.**

Numero dei salariati classificati secondo il salario percepito.

SALARIO giornaliero	Totale	Sorveglianti	Ispettori	Macchinisti	Fuochisti	Elettricisti quadro	Elettricisti linee	Meccanici	Sorveglianti lampade
Totale . . .	18,878	958	557	4,409	3,340	1,888	4,099	1,039	2,588
Meno di 0.75. Doll.	133	»	8	13	51	13	11	4	33
Da 0.75 a 0.99 »	229	2	7	29	99	9	46	5	32
Da 1.00 a 1.24 »	990	7	13	211	334	105	179	7	134
Da 1.25 a 1.49 »	1,613	17	31	469	472	138	265	19	202
Da 1.50 a 1.74 »	3,380	59	50	825	740	348	686	107	565
Da 1.75 a 1.99 »	2,314	34	70	438	472	263	520	164	353
Da 2.00 a 2.24 »	4,089	94	141	892	587	423	835	276	841
Da 2.25 a 2.49 »	1,807	82	67	351	295	264	331	101	316
Da 2.50 a 2.74 »	1,899	132	87	472	128	180	668	161	71
Da 2.75 a 2.99 »	823	77	19	181	122	56	278	71	19
Da 3.00 a 3.24 »	832	163	34	226	33	56	225	85	10
Da 3.25 a 3.49 »	309	116	10	115	3	20	25	14	6
Da 3.50 a 3.74 »	191	76	9	58	2	4	23	13	6
Da 3.75 a 3 99 »	43	13	3	21	—	—	4	2	—
Da 4.00 a 4.24 »	123	45	2	59	2	9	3	3	—
Da 4.25 a 4.49 »	24	14	—	10	—	—	—	—	—
Da 4 50 a 4.74 »	16	3	1	12	—	—	—	—	—
Da 4.75 a 4.99 »	8	6	—	1	—	—	—	1	—
Da 5.00 in più »	55	18	5	26	—	—	—	6	—

Tabella N. 16.

Percentuale del numero dei salariati per ogni impiego nelle stazioni private e municipali.

OCCUPAZIONE	Totale	Centrali private	Centrali municipali
Totale . . .	100.0	100.0	100.0
Sorveglianti	5 1	5.4	2 3
Ispettori	2.9	3.2	1.1
Macchinisti	23 4	21.6	37.3
Fuochisti	17.7	17 1	22.6
Elettricisti quadro	10.0	10.7	4.7
Elettricisti linee	21.7	22.5	15 7
Meccanici	5.5	5.9	2.1
Sorveglianti lampade	13.7	13.6	14.2

Il numero medio dei salariati è approssimativamente 23,300, in ragione media di 6.4 per ogni centrale; l'89.4 per cento è occupato nelle centrali private, mentre il 10.6 è nelle centrali municipali. I macchinisti costituiscono il 19.7 per cento delle mercedi totali, il loro salario individuale medio giornaliero è di d. 2 al giorno.

È assai difficile in questo campo stabilire dei confronti per le troppe disparità di organizzazione delle varie Compagnie e per la diversa distribuzione delle attribuzioni del personale; tuttavia è facile riconoscere come il numero dei macchinisti e fuochisti sia maggiore nelle centrali municipali che non nelle centrali private, mentre è minore il numero relativo di direttori ed ispettori elettricisti.

Il fatto è dovuto essenzialmente a che le stazioni municipali di minore importanza e possedute da enti autonomi hanno concentrato tutte queste mansioni in un personale che può adempierle tutte ed ordinariamente è classificato come personale macchinista.

Negli impianti privati è richiesto un fuochista per ogni 1.3 macchinisti ed un elettricista ogni 2 macchinisti, mentre negli impianti municipali le stesse proporzioni sono 1 a 1.7 e 8 confermando come in questi ultimi impianti lo stesso personale è adibito a più offici.

Le statistiche indicano ancora come, in regola, i salariati che ricevono maggiore stipendio appartengono alle centrali private, per la maggiore importanza che ivi acquistano le attribuzioni assegnate. Il 55 per cento dei salariati nelle stazioni private riceve dollari 2 o più per giorno mentre solo il 40 per cento arriva a questo limite nelle stazioni elettriche municipali.

Il salario medio ricavato nelle centrali private oscilla tra dollari 2 e 2.49, mentre nelle centrali municipali varia tra dollari 1.50 e dollari 1.59.

Dei macchinisti, che rappresentano la categoria più importante del personale, il 43.4 per cento riceve nelle amministrazioni private meno di dollari 2 al giorno, mentre nelle amministrazioni comunali questo numero raggiunge il 56.1 per cento.

La media più bassa di questi stipendi è dovuta alla minore importanza di queste stazioni.

Natura delle unità motrici. — La capacità totale delle centrali elettriche considerate, è di cavalli 1,772,813 considerati come motori per le dinamo elettriche.

Di questi il 77.8 per cento, cioè 1,379,941 sarà da classificare come generato da motrici termiche e il 22.2 per cento da turbine idrauliche.

Il 91.1 per cento della potenza motrice termica è prodotta in centrali private, mentre l'8.9 per cento appartiene a centrali municipali private. Il 94 per cento della potenza idraulica è nelle mani della industria privata, ed il 6 per cento delle municipalità.

Queste cifre dicono quanto sia più estesa negli Stati Uniti la produzione di corrente elettrica mediante centrali termiche, che non mediante centrali idroelettriche, e possono anche indicare come in quel paese in cui il combustibile ha un prezzo vile, le Municipalità che eserciscono impianti di piccola potenza, sono

indotte a costruire a preferenza di centrali idrauliche centrali termiche, più convenienti per spesa di impianto ed in certe condizioni per spesa di esercizio.

Le due tabelle 17 e 18 si riferiscono alle motrici termiche e forniscono una idea del come si distribuiscano per potenza nelle centrali municipali e private, fissando il carattere predominante delle centrali termiche americane.

Mentre la indicazione del numero delle motrici non ha alcuna importanza poichè varia in ragione inversa colla loro potenza, il numero dei cavalli a vapore sviluppati ci dice come nelle stazioni esercite dalla industria privata, il 27.1 per cento della produzione totale è dovuto a motrici di potenza superiore ai 1000 cavalli, mentre solo il 15 per cento è dovuto a motrici comprese tra 500 e 1000 cavalli.

Tabella N. 17.

Motrici termiche nelle centrali private e municipali.

POTENZA DELLE MOTRICI	Totale	Centrali private	Centrali municipali	Percentuale	
				in centrali private	in centrali municipali
Totale:					
Numero	5,930	4,870	1,060	82.1	17.9
Cavalli	1,379,941	1,232,923	147,018	89.3	10.7
Inferiore a 500 cavalli:					
Numero	5,451	4,407	1,044	80.8	19.2
Cavalli	849,336	715,418	133,918	84.3	15.7
Dai 500 ai 1000 cavalli:					
Numero	278	266	12	95.7	4.3
Cavalli	193,570	184,670	8,900	95.4	4.6
Superiori ai 1000 cavalli:					
Numero	201	197	4	98.0	2.0
Cavalli	337,035	332,835	4,200	98.8	1.2

Tabella N. 18.

Percentuale relativa al numero dei cavalli delle motrici termiche.

POTENZA DELLE MOTRICI	Totale	Centrali private	Centrali municipali
Totale:			
Numero	100.0	100.0	100.0
Cavalli	100.0	100 0	100.0
Inferiori a 500 cavalli:			
Numero	91.9	90.5	98.5
Cavalli	61.6	58.0	91.1
Dai 500 ai 1000 cavalli:			
Numero	4.7	5.5	1.1
Cavalli	14.0	15.0	6.0
Superiori ai 1000 cavalli:			
Numero	3.4	4.0	0.4
Cavalli	24.4	27 0	2.9

Il 58 per cento è poi generato da motrici di potenza inferiore ai 500 cavalli. Queste cifre chiaramente ci mostrano il concetto direttivo della tecnica americana delle centrali elettriche è di ricorrere ad unità termiche di grande potenza, come lo studio particolare delle centrali maggiori ci confermerà. Il grande numero di motrici di piccola potenza è ordinariamente da attribuirsi a quelle centrali di piccole capacità che sono obbligate a ricorrervi.

Non succede lo stesso nelle stazioni elettriche municipali, dove il 91.1 per cento della produzione è dovuto a motrici di potenza inferiore ai 50 cavalli, ed il 2.9 per cento è dovuto a motrici superiori ai 1000 cavalli, di cui esistono due sole negli Stati Uniti. Le centrali municipali avendo una segnalata tendenza a generare corrente elettrica per i soli bisogni pubblici, concentrano nelle loro centrali una potenza assai minore che non le centrali private, e quindi la media delle motrici di piccola potenza è maggiore.

La tabella n. 19 illustra le centrali elettriche americane, per quanto riguarda le turbine idrauliche, e ci indica ancora col linguaggio delle cifre la grande potenza delle centrali idroelettriche americane, che ordinariamente vengono costrutte solo quando la loro grande potenza concede il trasporto della energia a grande distanza, permettendo una vantaggiosa concorrenza al combustibile, così abbondante negli Stati Uniti.

Tabella N. **19.**

Turbine idrauliche in centrali private e municipali.

POTENZA DELLE TURBINE	Totale	Centrali private	Centrali municipali	Percentuale	
				in centrali private	in centrali municipali
Totale:					
Numero	1,390	1,308	82	94.1	5.9
Cavalli	438,472	427,254	11,218	97.4	2.6
Inferiore ai 500 cavalli:					
Numero	1,187	1,107	80	93.3	6.7
Cavalli	173,903	164,325	9,578	94.5	5.5
Tra 500 e 1000 cavalli:					
Numero	90	89	1	98.9	1.1
Cavalli	57,816	57,176	640	98.9	1.1
Superiore ai 1000 cavalli:					
Numero	113	112	1	99.1	0.9
Cavalli	206,753	205,753	1,000	99.5	0.5

Il 47.2 per cento della forza idraulica è sfruttato da turbine di una potenza superiore ai 1000 cavalli, mentre il 39.7 è dovuto a turbine di potenza minore di 500 cavalli.

Macchinario elettrico. — La corrente elettrica generata dalle

12,484 dinamo in servizio nelle centrali considerate, ha una potenza indicata di 1,624,980 con un rendimento complessivo, rispetto alla energia potenziale delle motrici, del 93. 6 per cento.

Le tabelle n. 20 e 21 ci illuminano intorno alla natura dei generatori elettrici, e dei servizi cui sono adibiti.

I generatori a corrente alternata appaiono in prevalenza sia per numero che per potenza; ad essi però corrisponde per la natura delle distribuzioni nelle città americane, secondo il sistema Edison, una potenza pressochè equivalente di convertitori rotanti o gruppi motori generatori.

Tabella N. **20.**

Dinamo elettriche in centrali private e municipali.

DINAMO	Totale	Centrali private	Centrali municipali	Percentuale	
				in centrali private	in centrali municipali
Totale:					
Numero	12,484	10,662	1,822	85. 4	14. 6
Cavalli	1,624,980	1,472,996	151,984	90. 6	9. 4
Corrente continua potenziale costante:					
Numero	3,823	3,405	418	89 1	10. 9
Cavalli	442,446	418,913	23,533	94. 7	5. 3
Corrente continua intensità costante:					
Numero	3,539	2,957	582	83. 6	16. 4
Cavalli	195,531	157,768	37,763	80 7	19. 3
Corrente alternata:					
Numero	5,122	4,300	822	84. 0	16 0
Cavalli	987,003	896,315	90,688	90. 8	9. 2

Tabella N. 21.

Percentuale relativa al numero dei cavalli delle dinamo nelle centrali private e municipali.

DINAMO	Totale	Centrali private	Centrali municipali
Totale:			
Numero	100.0	100.0	100.0
Cavalli	100.0	100.0	100.0
Corrente continua tensione costante:			
Numero	30.6	32.0	22.9
Cavalli	27.2	28.4	15.5
Corrente continua intensità costante:			
Numero	28.4	27.7	32.0
Cavalli	12.0	10.7	24.8
Corrente alternata:			
Numero	41.0	40.3	45.1
Cavalli	60 8	60.9	59.7

Nelle centrali municipali, la percentuale dei generatori a corrente alternata è maggiore che non nelle centrali private, mentre la percentuale della potenza loro è minore.

È importante il notare come il numero e potenza delle macchine a corrente continua a tensione costante si avvicini nel suo totale a quello delle dinamo a corrente costante, e che anzi per le centrali municipali questa ultima percentuale sia superiore.

Questi risultati sono una naturale conseguenza della grande diffusione dei sistemi di illuminazione di lampade ad arco in serie che appunto utilizzano dinamo in serie a corrente costante, e questa influenza si esercita sopratutto nelle centrali municipali, che si dedicano specialmente a questo servizio.

La tabella 22 classifica le centrali elettriche secondo la potenza delle generatrici, e segna come più di una metà delle stazioni private e più di tre quarti delle stazioni municipali hanno dinamo di potenza inferiore ai 200 cavalli.

Appena l'1. 7 per cento del numero delle stazioni municipali ha una capacità di dinamo superiore ai 1000 cavalli, e così il 9. 1 per cento delle stazioni private.

Tabella N. 22.

Numero delle centrali private e municipali classificate secondo la potenza delle dinamo.

CAPACITÀ IN HP delle dinamo	Totale		Centrali private		Centrali municipali	
	Num.	per cento	Num.	per cento	Num.	per cento
Totale . . .	3,620	100. 0	2,805	100. 0	815	100. 0
Meno di 200.	2,260	62. 4	1,649	58. 8	611	75. 0
Da 200 a 500	866	23. 9	701	25. 0	165	20. 2
Da 500 a 1000	226	6. 3	201	7. 1	25	3. 1
Da 1000 a 2000	137	3. 8	126	4. 5	11	1. 4
Da 2000 a 5000	83	2 3	81	2. 9	2	0. 2
Da 5000 in più	48	1. 3	47	1. 7	1	0. 1

Tabella N. 23.

Linee elettriche. — Miglia di linee elettriche dipendenti da centrali private e municipali.

OGGETTO	Totale	Centrali private	Centrali municipali	Percentuale	
				in centrali private	in centrali municipali
Totale:					
Distribuzione. . . .	107,263. 63	93,352. 95	13,910. 68	87. 0	13. 0
Feeder	17,880 51	16,452. 28	1,428. 23	92. 0	8. 0
Sotterranee:					
Distributori	5,847. 71	5,408. 55	439. 16	92. 5	7. 5
Feeder	2,276. 55	2,262. 02	14. 53	99. 4	0. 6
Aeree:					
Distributori	101,383. 76	87,913. 13	13,470. 63	86. 7	13. 3
Feeder	15,592. 59	14,181. 75	1,410. 84	91. 0	9. 0
Sottomarine:					
Distributori	32. 16	31. 27	0. 89	97. 2	2. 8
Feeder	11. 37	8. 51	2. 86	74. 8	25. 2

La lunghezza complessiva delle linee elettriche per alimentatori e distributori è di 125,144 14 miglia, di cui competono agli impianti privati l'87.7 per cento ed alle stazioni municipali il 12. 3 per cento.

È da notare come il 6.5, corrispondente a 8,124. 26 miglia, sia formato da conduttura sotterranea.

Produzione delle centrali. — La produzione annuale di corrente elettrica in Kwatt-ora fu nel 1902 di 3,270,162,309, la media per giorno 9,097,796. Le centrali private concorrono per il 92 per cento e quelle municipali per l'8 per cento della produzione totale.

Poichè la potenza complessiva è di 1,200,000 Kwatt, il consumo giornaliero medio corrisponde ad un funzionamento per 6 ore, ovvero al 25 per cento della capacità degli impianti.

Poichè il provento lordo della vendita di questa energia è di dollari 84,000,000, il provento per Kwatt-ora raggiunse 4 cents, ovvero 20 centesimi.

Ma poichè vi sono inevitabili perdite tra il quadro di distribuzione e gli apparecchi utilizzatori, in modo che in media una sola metà della energia generata raggiunge questi, il provento lordo per Kwatt, cioè il prezzo di vendita, si aggira sui 10 centesimi.

I due dati che ci fanno conoscere come solo il 25 per cento della capacità giornaliera è utilizzato e che il prezzo medio del Kwatt è così elevato, concordano colla statistica n. 9 nel senso che il carico d'illuminazione è l'81. 8 del carico totale, poichè la natura di questo carico è appunto tale che la sua influenza sulla centrale è intermittente ed il prezzo di vendita per unità è massimo.

Chiudiamo questa relazione statistica con un'analisi più minuta sulla natura dei servizi.

Lampade ad arco. — La tabella n. 24, che dobbiamo ancora al Census Office di Washington, ci classifica le lampade ad arco a seconda della loro costruzione, natura di corrente utilizzata e natura della stazione generatrice, come del consumatore.

Tecnicamente riconosciamo come la lampada ad arco chiuso sia di maggiore rendimento economico nelle condizioni commerciali degli Stati Uniti, e sia largamente adottata, specialmente in circuiti a corrente alternata.

Il 52. 9 per cento del numero complessivo appartiene al tipo chiuso. Sono alimentate da stazioni private l'86. 3 per cento del numero totale delle lampade ad arco, e il 13. 2 per cento delle stazioni municipali.

Il consumo privato richiede il 45. 1 del numero totale, mentre il 54. 9 è destinato alla illuminazione pubblica.

Il prezzo medio annuo delle lampade ad arco risulta di dollari 65,33, ma è da notare come delle lampade alimentate da centrali private il 50. 2 per cento è impiegato da consumatori privati, con un prezzo medio di dollari 43. 88 per lampada, mentre il 49. 8 per cento va alla illuminazione pubblica, con un prezzo medio di dollari 83. 20 per lampada; questa anomalia potrebbe spiegarsi sem-

plicemente col riconoscere, come le lampade destinate alla illuminazione pubblica abbiano una potenza luminosa superiore a quella delle lampade ad arco destinate a servizi privati, ordinariamente illuminanti ambienti chiusi.

Delle 50,975 lampade, appartenenti alle centrali municipali, solo l'11.4 per cento è usato per illuminazione privata, con un prezzo medio di dollari 41.46 per lampada, e l'88.6 è usato per illuminazione pubblica, con un costo medio di dollari 69. 98 per lampada, sensibilmente inferiore a quello pagato per le lampade comprate dalla industria privata.

Tabella N. 24.

Lampade ad arco dipendenti da centrali private e municipali.

QUALITÀ DELLE LAMPADE e carattere del servizio	Totale	Centrali private		Ceatrali municipali	
		Numero	per cento	Numero	per cento
Totale . . .	385,698	334,903	86. 8	50,975	13. 2
Illuminaz. privata totale .	173,973	168,180	96. 7	5,793	3. 3
Aperte	42,988	41,622	96. 8	1,366	3 2
Chiuse	130,985	126,558	96. 6	4,427	3. 4
Corrente continua	104,176	101,849	97 8	2,327	2. 2
Aperte	38,120	36,856	96. 7	1,264	3. 3
Chiuse	66,056	64,993	98. 4	1,063	1. 6
Corrente alternata	67,538	64,085	94. 9	3,453	5. 1
Aperte	3,733	3,631	97. 3	102	2. 7
Chiuse	63,805	60,454	94. 7	3,351	5. 3
Diverse	2,259	2,246	99. 4	13	0. 6
Aperte	1,135	1,135	100. 0	—	—
Chiuse	1,124	1,111	98 8	13	1. 2
Illuminaz. pubblica totale .	211,725	166,723	78. 7	45,002	21. 3
Aperte	138,684	108,082	77. 9	30,602	22. 1
Chiuse	73,041	58,641	80. 3	14,400	19. 7
Corrente continua	154,749	119,520	77. 2	35,229	22. 8
Aperte	125,298	96,659	77. 1	28,639	22. 9
Chiuse	29,451	22,861	77. 6	6,590	22. 4
Corrente alternata	48,063	38,316	79. 7	9,747	20. 3
Aperte	4,630	2,681	57. 9	1,949	42. 1
Chiuse	43,433	35,635	82. 0	7,798	18. 0
Diverse	8,913	8,887	99. 7	26	0. 3
Aperte	8,756	8,742	99. 8	14	0. 2
Chiuse	157	145	92. 4	12	7. 6

Lampade ad incandescenza. — La statistica relativa alle lampade ad incandescenza (tabella 25), ci conferma come la illuminazione ordinariamente impiegata per aree pubbliche è quella delle lampade ad arco, poichè mentre le stazioni municipali provvedevano al 13.2 per cento delle lampade ad arco, non provvedono che all'8. 2 delle lampade ad incandescenza. Il 94. 7 delle lampade ad incandescenza in servizio è adibito ad illuminazione privata, mentre solo il 5. 3 per cento serve per luoghi pubblici.

La lampada da 16 candele, calcolata come lampada tipo, cui riduciamo tutte le altre, ha un prezzo medio di dollari 2. 52.

La tabella seguente, n. 26, riunisce per confronti economici che possono fornire criteri importanti per stabilire il valore della energia elettrica, il provento totale e medio delle lampade ad incandescenza e ad arco.

Questi dati hanno valore assolutamente relativo, poichè è attualmente generale l'uso di pagare anche l'energia consumata per illuminazione a misura, controllandone il consumo mediante contatori.

Motori. — Il numero di motori stazionari in servizio con le centrali private è 99,102, con una capacità di 610,283 cavalli, e motori 1902 con la capacità di 5403 cavalli, alimentati da centrali municipali. La capacità totale è di 624,686 cavalli.

Da questo calcolo sono esclusi i motori per ventilatori e i motori tramviari.

La potenza totale impiegata negli stabilimenti industriali nel 1900 negli Stati Uniti, a scopo di forza motrice, era stata fornita per 8,742,416 cavalli, corrispondenti al 77 per cento del totale, da motrici termiche; per 1,727,258 cavalli da motrici idrauliche, corrispondenti al 15.3 per cento, e da motori elettrici per 311,016, corrispondenti al 2. 7 per cento della totale, e per 143,850 cavalli da motori a gas, corrispondente all'1. 3 per cento.

Tabella N. 25.

Lampade ad incandescenza dipendenti da centrali private e municipali.

QUALITÀ DELLE LAMPADE e carattere del servizio	Totale	Centrali private		Centrali municipali	
		Numero	per cento	Numero	per cento
Totale . . .	18,194,044	16,616,593	91. 3	1,577,451	8. 7
Illuminazione privata . . .	17,738,384	16,243,853	91. 6	1,494,531	8. 4
16 candele	15,261,067	13,890,281	91. 0	1,370,786	9. 0
32 candele	514,679	484,246	94. 1	30,433	5. 9
Altre potenze	1,962,638	1,869,326	95. 2	93,312	4. 8
Illuminazione pubblica . .	455,660	372,740	81. 8	82,920	18. 2
16 candele	296,776	235,842	79. 5	60,934	20. 5
32 candele	59,988	47,063	78. 5	12,925	21. 5
Altre potenze	98,896	89,835	90. 8	9,061	9. 2

Tabella N. 26.

Numero lampade in servizio — Introito totale — Introito medio per lampada.

OGGETTO	Lampade ad arco		Lampade ad incandescenza	
	Servizio		Servizio	
	privato	pubblico	privato	pubblico
Centrali private:				
Numero lampade	168,180	166,723	16,243,853	372,740
Introito totale	8,220,154	13,871,646	39,039,557	2,257,927
Introito medio per lampada.	48. 88	83. 20	2. 40	6. 06
Centrali municipali:				
Numero lampade	5,793	45,002	1,494,531	82,920
Introito totale	240,166	3,149,079	2,868,296	491,322
Introito medio per lampada.	41. 46	69. 98	1. 92	5. 93

Oltre questa potenza direttamente impiegata, venivano venduti 321,051 cavalli, di cui 183,682 mediante corrente elettrica.

Da queste cifre apparirebbe assai piccola la applicazione del motore elettrico alle officine industriali, per l'elemento essenziale del minimo costo del combustibile, che consiglia gli industriali ad installare nelle loro stesse officine motrici termiche, che comandano direttamente le trasmissioni, piuttosto che ricevere la corrente da un impianto centrale, con minor indipendenza e rendimento.

Si deve però osservare che i motori elettrici si sostituiscono alle motrici termiche sia per le piccole potenze, che dove è necessario suddividere di molto la potenza motrice.

Manca una statistica che possa tenere conto di tutti questi impianti individuali, che per la sola New York si ritiene assorbano una potenza di 100,000 cavalli.

I giganteschi edifici, che hanno ambienti e popolazioni corrispondenti a quelli di una piccola città, richiedono forza motrice per ascensori, pompe, impianti frigoriferi, ventilatori.

Un edificio a 16 piani, contenente 560 uffici, può avere 4 motrici di 150 cavalli ciascuna, accoppiate a dinamo-elettriche, molte pompe per ascensori idraulici della potenza di 400 cavalli: un complesso di più di 1000 cavalli che è difficile riportare nelle statistiche.

Devesi ancora notare, come, per quanto il motore elettrico nelle industrie manifatturiere abbia relativamente uno scarso impiego, tuttavia vie' sempre maggiormente usato, per la maggiore famigliarità che gli industriali acquistano per l'elettricità, riconoscendone le preziose qualità nel comando delle macchine utensili.

Preziose qualità che si possono, rispetto alle condizioni degli Stati Uniti, riassumere nelle seguenti:

1° economia reale nella quantità di potenza usata;

2° riduzione nel costo della costruzione degli edifici, che possono essere più leggieri, non essendo necessario portare trasmissioni e puleggie;

3° riduzione nelle spese di esercizio;

4° libertà nella collocazione del macchinario;

5° maggiore facilità di accesso alle macchine utensili, per la soppressione di cinghie e puleggie;

6° maggiore pulizia, diminuzione di rumore;

7° condizioni igieniche generali migliori;

8° libertà nella distribuzione delle varie lavorazioni negli edifici, che possono essere anche lontani;

9° facilità di espansione dello stabilimento;

10° la diminuzione degli inconvenienti, dovuta alla separazione dei motori;

11° maggiore facilità di regolarizzazione della velocità degli utensili.

Nella decade 1890-1900 le industrie manifatturiere aumentarono di molto il loro sviluppo, assorbendo una quantità sempre maggiore di potenza motrice, come è indicato dalla statistica annessa, che tiene conto della varia natura delle industrie e della natura della forza utilizzata.

Cavalli totali e loro percentuale secondo i sistemi di generazione 1900.

INDUSTRIE	Cavalli totali	Forza termica		Forza idraulica		Forza di altra natura	
		Totale	per cento	Totale	per cento	Totale	per cento
Industrie . . .	11,300,081	8,742,416	77.4	1,727,258	15.3	830,407	7.4
Forniture agrarie . . .	77,189	61,147	79.2	6,758	8.8	9,284	12.0
Scarpe	51,073	34,816	58.2	2,390	4.7	13,867	27.2
Merci in cotone	811,347	531,611	65.5	251,850	31.1	27,886	3.4
Prodotti di macine e mulini	1,016,859	533,755	52.5	451,378	44.4	31,726	3.1
Calze e maglie	58,087	39,693	68.3	14,824	25.5	3,570	6.2
Ferro e acciaio	1,670,547	1,581,695	94.7	8,649	0.5	80,203	4.8
Legnami	1,613,747	1,401,883	86.9	200,983	12.5	10,881	0.7
Carta e polpa di legno.	764,847	255,854	33.5	504,762	66.0	4,231	0.6
Seta e seterie	61,395	45,959	74.7	6,666	10.9	8,770	14.3
Merci in lana	139,645	82,933	59.4	52,358	37.5	4,354	3.1
Cascami	97,383	73,180	75.2	20,491	21.0	3,712	3.8
Altre industrie	4,937,962	4,099,890	83.0	206,149	4.2	631,923	12.8

Cavalli totali e loro percentuale secondo i sistemi di generazione 1890.

INDUSTRIE	Cavalli totali	Forza termica		Forza idraulica		Forza di altra natura	
		Cavalli	per cento	Totale	per cento	Totale	per cento
Industrie . . .	5,954,655	4,662,029	78.3	1,263,343	21.2	29,283	0.5
Forniture agrarie . . .	50,395	40,673	80.7	9,667	19.2	55	0.1
Scarpe	30,686	27,885	90.9	1,874	6.1	927	3.0
Merci in cotone	464,881	265,509	57.1	198,982	42.8	390	0.1
Prodotti di macine e mulini	752,365	366,587	48.7	383,872	51.0	1,906	0.3
Calze e maglie	34,538	22,605	63.7	12,360	35.8	173	0.5
Ferro e acciaio	745,824	737,771	98.9	8,053	1.1	—	—
Legnami	961,316	759,078	79.0	201,651	21.0	587	0.1
Carta e polpa di legno.	297,724	93,659	31.5	203.896	68.4	169	0.1
Seta e seterie	29,638	24,427	82.4	4,864	16.4	347	1.2
Merci in lana	122,501	67,195	54.9	55,030	44.9	276	0.2
Cascami	57,111	44,458	77.8	12,437	21.8	216	0.4
Altre industrie	2,407,676	2,212,782	91.9	170,657	7.1	24,237	1.0

E da notare come il massimo incremento in potenza motrice nella passata decade sia dovuto alla Stato di Pensylvania, che mentre nel 1890 aveva 986,789 cavalli, nel 1900 giungeva a 1,859,265, mostrando un aumento in 10 anni dell'88. 42 per mille.

Questo aumento è dovuto al grande sviluppo delle industrie del ferro e dell'acciaio, che trovano dai gas naturali e dal carbone locale ottimi elementi per prosperare.

Segue lo Stato dell'Ohio, che ha aumentato la sua potenza nella decade di 431,817 cavalli, e New-York che ha aumentato di 404,549. In ambi gli Stati le industrie che hanno più influito furono la fabbricazione della carta e le industrie tessili.

CAPITOLO III.

LA MUNICIPALIZZAZIONE DELLE CENTRALI ELETTRICHE.

Nel continente Nord-Americano la municipalizzazione degli impianti generatori di corrente elettrica si è estesa in grado considerevole se si pensa alle condizioni speciali di questa industria, che fin dalle sue origini nelle mani di una grande corporazione è ancora attualmente controllata da organizzazioni industriali tali da non consentire a municipalità di opporvisi e di costrurre impianti concorrenti.

Il 22. 5 per cento del numero delle centrali elettriche degli Stati Uniti è esercìto da Municipalità, con una potenza complessiva di 158,238 cavalli, ripartiti in 815 stazioni.

Le notizie statistiche che precedono hanno posto in chiaro molti dei caratteri di queste centrali elettriche municipali.

Come regola generale hanno ricorso al sistema della municipalizzazione le città di piccola importanza, che forse hanno trovato in esso l'unico mezzo di provvedere ai servizi pubblici di illuminazione.

L'82. 2 per cento delle stazioni municipali sono collocate in città di popolazione inferiore ai 5000 abitanti, il 0. 5 per cento in città di popolazione superiore ai 500,000 abitanti.

La potenza media di queste centrali è di cavalli 194, in confronto della potenza di 580 cavalli delle stazioni private.

La minore potenza di queste centrali si è ancora indicata dalle dimensioni delle motrici utilizzate.

Delle motrici termiche, il 98. 5 per cento è di potenza inferiore ai 500 cavalli, il 0. 4 superiore ai 1000 cavalli, delle motrici idrauliche 80 su 82 stazioni hanno una potenza inferiore ai 500 HP.

Delle dinamo elettriche il 75 per cento ha potenza inferiore ai 200 cavalli.

Le centrali municipali hanno rivolto la loro potenzialità essenzialmente ai servizi di illuminazione pubblica e per quanto la sta-

tistica ci dica che la maggioranza di queste stazioni fa pure commercio della corrente elettrica, questo è però esercitato in minima quantità e principalmente per servizio illuminazione al cui scopo sono stati costrutti gli impianti.

Poichè il servizio principale cui sono adibite queste centrali è quello dell'illuminazione pubblica, cui si provvede negli Stati Uniti prevalentemente coi sistemi di lampade ad arco chiuso, a grande potenza luminosa, così un esame tecnico e statistico ci farà conoscere come queste centrali siano dirette alla produzione della corrente elettrica nella forma più conveniente a questo scopo.

La dinamo a corrente alternata costante per i sistemi in serie, i trasformatori regolatori, ovvero le dinamo a corrente monofase radrizzata Thomson e Brush, sono generalmente usate.

La corrente alternata rappresenta il 59. 2 per cento della produzione totale delle stazioni municipali, che la adibiscono essenzialmente agli archi in serie.

Le stazioni municipali, avendo impianti di piccola potenza, sentono più gravemente le spese di esercizio, specialmente in quanto riguarda il combustibile, mentre sono esonerate dalle tasse municipali che gravano sulle stazioni private.

È assai importante il notare come, mentre il prezzo medio delle lampade ad arco per illuminazione stradale salga nelle reti private a dollari 87. 20 per lampada, si mantenga nella media di dollari 69. 78 per lampada alimentata da centrali municipali.

Le centrali municipali hanno la tendenza di fare maggiore economia nel capitolo personale, accollando il controllo ed esercizio dell'impianto ad uffici che amministrano altri servizi pubblici.

Appare come le centrali municipali abbiano in prevalenza impianti termici; tendenza che pure accordandosi con quella generale delle centrali americane, è più pronunziata per le circostanze che rendono più convenienti per l'esercizio come per la costruzione gli impianti termici che non gli impianti idroelettrici, i quali, come norma generale, vengono in questo paese costrutti per trattare grandi potenze.

Finanziariamente le municipalità costrette ad obbligazioni

danno risultati finanziari assai migliori che non le corporazioni private, per quanto questo elemento abbia poca attendibilità, essendo troppo diversi i criteri con cui le municipalità amministrano tali aziende.

La municipalizzazione di questo servizio è stata tenuta in quei limiti che sono indicati dalle condizioni economiche del mercato e dalla necessità dei pubblici servizi.

La tendenza generale di questo, come di altri tentativi di municipalizzazione, è di assicurare un servizio pubblico di alta importanza, senza criteri di speculazione, senza tendenze a fare le concorrenze agli industriali privati che soli possono formare corporazioni di grande potenza, che contribuiscono efficacemente allo sviluppo industriale della città in limiti in cui nessuna municipalità potrebbe espandersi.

CAPITOLO IV.

CRITERI GENERALI TECNICI DELLE CENTRALI ELETTRICHE NEGLI STATI UNITI.

Dallo sviluppo storico della centrale elettrica americana tracciato nel primo capitolo dalla centrale Edison fino alla più moderna espressione di grande centrale termica ed idraulica, appare come i criteri tecnici si siano evoluti, e come lo stato attuale sia il naturale risultato di tale evoluzione storica e tecnica.

La centrale termica rappresenta la regola generale in questo paese, che pure avendo i massimi impianti idroelettrici, possiede grandi ricchezze carbonifere, le quali non rendono conveniente lo sviluppo della energia elettrica mediante energia idraulica che là dove questa trasformazione si può fare per grandi potenze. Le più grandi città americane poi non sono in condizioni topografiche da poter usufruire di centrali idroelettriche.

Le centrali termiche, come quelle che sono soggette a necessità locali e traggono motivi di economia di esercizio dalla produzione

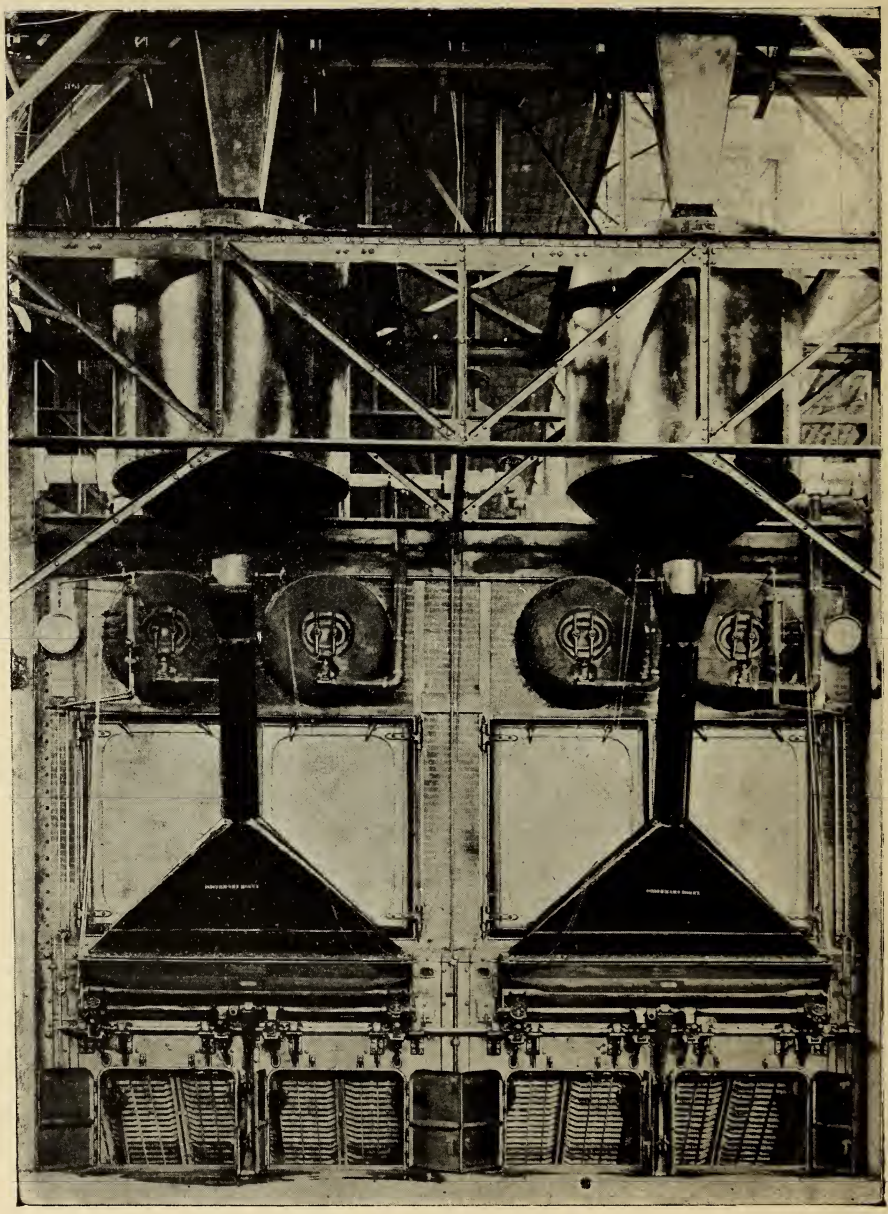


Fig. 2. — *Caldaie Babcock Wilkox con alimentazione automatica (Esposiz. di Saint Louis).*

in grande della corrente elettrica, hanno aiutato il fenomeno del consolidamento delle Compagnie elettriche esercenti nella stessa città, ed hanno condotto allo schema pressochè generalizzato di un'unica grande centrale termica alimentante parecchie sottostazioni, mediante corrente alternata ad alta tensione.

Le sottostazioni convertono la corrente alternata in continua a bassa tensione e la distribuiscono.

Generatori della energia meccanica.

Centrali termiche. — Le centrali termiche mostrano nel loro insieme una grande uniformità.

Un edificio diviso in due grandi sezioni, l'una destinata alle caldaie, spesso sovrapposte in più piani, e l'altra destinata alle motrici e ai generatori. La alimentazione del combustibile è fatta mediante mezzi meccanici, elevatori, convogliatori, serbatoi e draghe. I serbatoi sono collocati ordinariamente sul tetto dell'edificio.

Le caldaie multitubolari, sono generalmente tipo Babcok-Wilkox, a griglia automotrice, a scarico ceneri automatico.

La alimentazione è fatta attraverso economizzatori, e coll'acqua di condensazione ottenuta ordinariamente in condensatori barometrici Alberger.

Le motrici sono normalmente di grande potenza, del tipo verticale, per la loro maggior compattezza, compound a sistema Corliss di distribuzione, ed alimentate ad alta pressione.

Alcune moderne centrali stanno mostrando motrici Allis-Chalmer con il cilindro a bassa pressione verticale ed il cilindro ad alta pressione orizzontale, allo scopo di avere le manovelle a 90° per vincere i punti morti e dare maggiore compattezza al gruppo.

Queste motrici sono direttamente accoppiate agli alternatori, ed alle macchine dinamo elettriche a corrente continua che raggiungono in alcune centrali grandi potenze.

Nel campo però delle motrici termiche le centrali elettriche americane stanno preparandosi ad una radicale trasformazione colla sostituzione delle turbine a vapore alle motrici a cilindro.

La turbina a vapore che permette col suo sistema di regolazione la immissione del vapore a completa pressione, in modo proporzionale alla velocità da ottenere, permettendogli una espansione pressochè adiabatica, eliminando le perdite dei successivi riscaldamenti e raffreddamenti dei cilindri, le perdite di energia nelle parti dotate di moto alternativo, e diminuendo le perdite di attrito per il minor peso delle parti rotanti, ha certamente un maggior rendimento della motrice termica a cilindri di potenza uguale, specialmente nel caso di carichi leggeri.

Il vapore può essere fornito ad un grado di soprariscaldamento non concesso dalle motrici a cilindro.

I regolatori delle turbine a vapore hanno un funzionamento più pronto e sicuro per cui possono meglio funzionare sotto carichi variabili rapidamente, quali nelle centrali elettriche.

La condensazione avviene in modo migliore e l'acqua risultante è priva di quegli olii e grassi che sono inerenti al funzionamento degli stantuffi.

La economia di impianto è sensibile sotto vari aspetti.

Il valore del gruppo turbina-alternatore è minore di quello del gruppo motrice alternatore, anzitutto perchè raggiungendosi alte velocità diminuiscono i diametri delle parti rotanti e l'alternatore si presenta più compatto ed economico.

La area richiesta per Kwatt è assai minore, mentre le opere di fondazione possono essere assai meno costose ed ingombranti.

Negli Stati Uniti d'America il nuovo motore che utilizza la energia cinetica del vapore ha incontrato un largo favore, per i suoi vantaggi di alto rendimento sotto ogni carico, di compattezza, regolarità di rotazione, semplicità di funzionamento, ricupero completo dei prodotti di condensazione; e le centrali elettriche a unità turbo-generatrici sono in numero considerevole nel nuovo continente, mentre ogni nuovo impianto adotta la turbina a vapore.

La turbina a vapore è un motore termico specialmente indicato per le sue condizioni di velocità e per il fatto che conduce direttamente ad un movimento rotatorio, ad essere accopiato a generatori elettrici, onde le principali compagnie costruttrici di macchinario

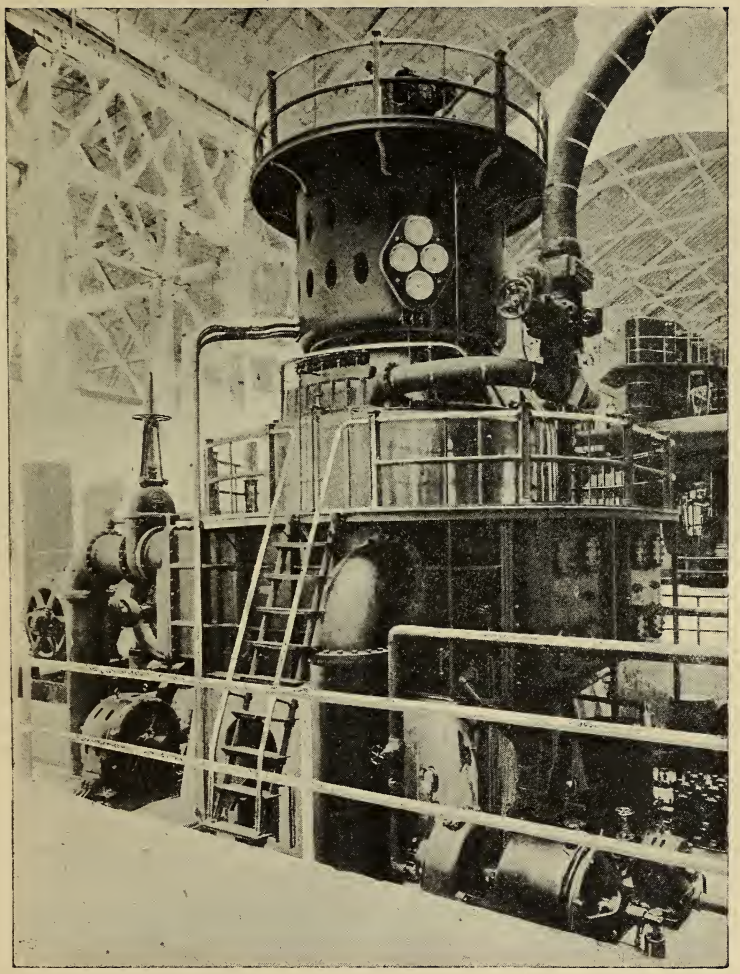


Fig. 3. — *La turbina a vapore Curtis* — 3000 *H. P.* — 750 *giri.*

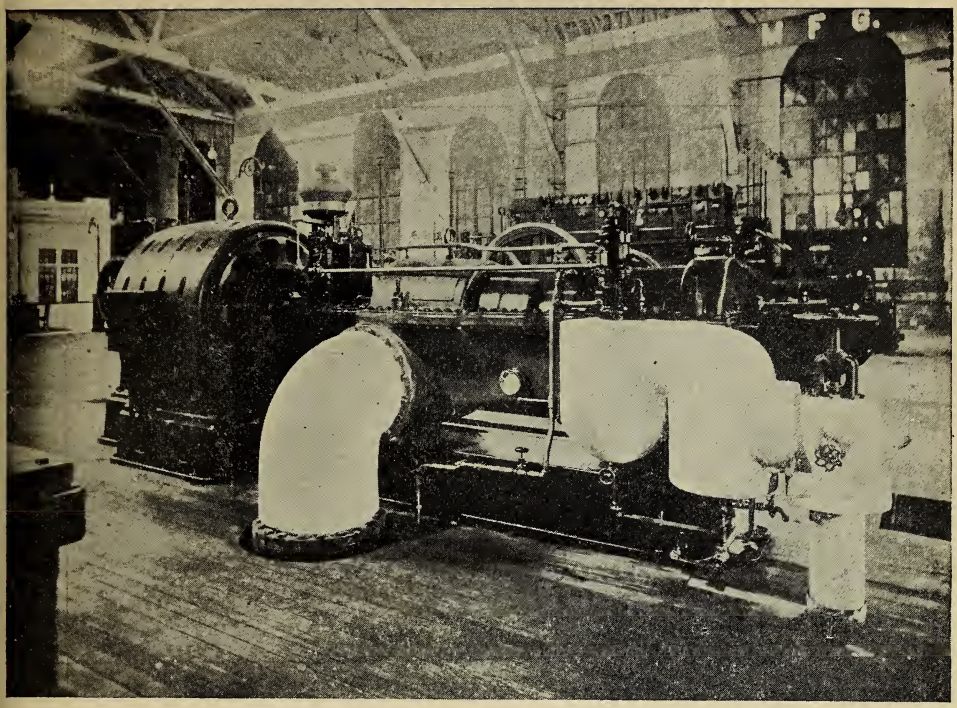


Fig 4. — *La turbina a vapore Parsons* — 600 *H. P.* — 3000 *giri.*

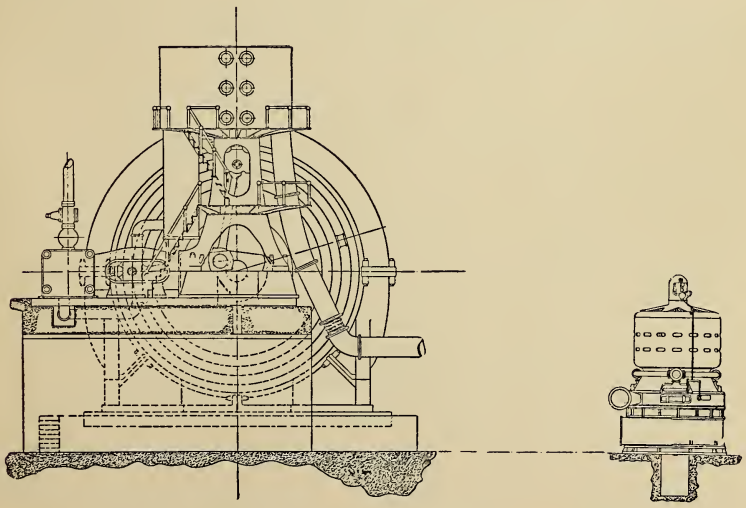


Fig. 5. — *Motrice a vapore* — *Turbina a vapore* 5000 *kw.*

elettrico hanno dato un grande impulso alla tecnica del nuovo motore, ed intraprendendone esse stesse la costruzione e studiando i tipi speciali di generatori adatti a così alte velocità, hanno completato il gruppo turbo-generatore elettrico, che si presenta con proprietà ottime di compattezza e regolazione.

Negli Stati Uniti la prima turbina Westinghouse-Parsons venne messa in commercio alla fine del 1899, mentre la prima turbina Curtis di tipo orizzontale cominciò a funzionare alla fine del 1901. La seconda turbina tipo Curtis orizzontale e la prima a tipo verticale cominciarono a lavorare a Newport nel giugno 1903, la seconda tipo verticale a Chicago al 1° ottobre 1903.

Nel periodo trascorso da quell'epoca ad oggi turbine per molte migliaia di Kwatt sono uscite dalle officine della Westinghouse e della General, rispettivamente dei tipi Parsons e Curtis. Parecchie unità di 5000 Kwatt si stanno costruendo da ambe le Compagnie.

La rapida diffusione delle turbine a vapore, è stata favorita dall'aumentare in potenza delle centrali termiche e dall'estendersi del sistema di distribuzione a corrente alternata ad alta tensione con sottostazioni di trasformazione.

Nelle centrali elettriche i motori a gas, che pure traggono dalla ricchezza del sottosuolo americano i gas naturali, economico mezzo di alimentazione, sono assai poco diffusi, ed il loro uso è ancora attualmente molto discusso.

Si rimproverano dai tecnici americani al motore a gas questi difetti:

costo iniziale assai elevato;
molteplicità di parti a movimento alternato;
complicazione di valvole;
grande spazio e fondazioni pesanti.

Centrali idroelettriche. — Le centrali idroelettriche si trovano in condizioni locali troppo speciali per poter uniformare i loro motori a leggi generali.

Tuttavia sarà chiaro dalla descrizione di centrali idroelettriche come siano caratteristiche del continente americano le ruote Pelton a grande velocità, usate specialmente sulle coste del Pacifico, e

come siano usate nei massimi impianti le turbine a reazione ad asse verticale.

Queste turbine a reazione provengono ordinariamente da costruttori europei, per quanto siano state studiate e inventate nel continente americano.

Generatori della energia elettrica e sua distribuzione.

Un carattere generale dell'industria americana, è quello di ridurre la fabbricazione a pochi tipi costanti e di mantenersi ad essi nel modo più conservativo possibile. E questa tendenza si estende non solo per ciò che riguarda la fabbricazione del macchinario per centrali elettriche, ma anche nei metodi di distribuzione dell'energia elettrica e di tutti gli elementi ad essa connessi.

Questa tendenza, che si manifestò dapprima nelle costruzioni del macchinario elettrico, condusse nell'uso di voltaggio e potenza e nella costruzione delle centrali ad uniformare a tipi ben determinati e costanti gli schemi delle distribuzioni elettriche.

Questa organizzazione conduce senza dubbio ad una grande economia nella costruzione delle centrali, ad una grande facilità di loro esercizio e di manutenzione, per il fatto che si trovano sul mercato pronti tutti gli apparecchi di ricambio, e la maggior parte dei casi che si presentano quali anormalità in una distribuzione, sono già stati risolti. L'applicazione però di tipi alle distribuzioni urbane, incontra alcune volte casi nuovi nella soluzione dei quali spesso l'ingegnere americano è troppo guidato ed influenzato da impianti precedenti, e non sa staccarsi da tipi che il più delle volte non sono i più convenienti.

In materia di potenziale è stato stabilito quale tipo il potenziale di 6600 volt, per la distribuzione dalle grandi centrali termiche alle sottostazioni. La corrente è ordinariamente generata direttamente a questo potenziale.

Il voltaggio mediamente superiore che può essere impiegato mediante trasformatori survoltatori è quello di 15,000 volt, che

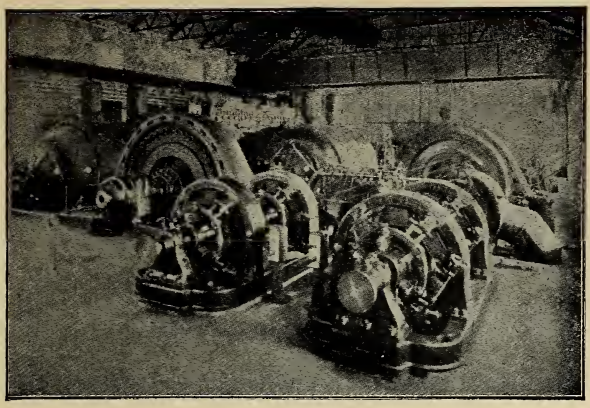


Fig. 6. — *Centrale elettrica a turbo alternatori.*

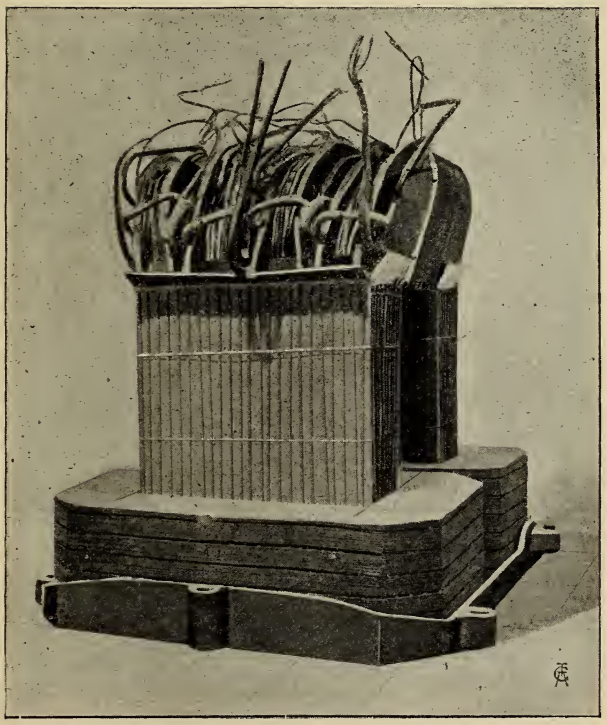


Fig. 7. — *Formazione di trasformatore a mantello.*

permette senza complicazioni di sorta nell'isolamento e nella manovra, di estendere la sfera d'azione dell'impianto. Questa regola soffre eccezioni, come ad esempio nelle Montagne rocciose abbiamo vecchi impianti operanti a 10,000 volts, ed impianti moderni che generano direttamente a 12,000 o 13,000 volts.

Il voltaggio immediatamente superiore, senza bisogno di speciali cure per l'isolamento e la manovra, è quello di 25,000 volts. Un voltaggio superiore a questo conduce a speciali disposizioni di isolamento, d'interruttori e di linee, che sono concessi solo per un voltaggio tale da giustificare un simile aumento di spesa nella centrale elettrica; venne perciò adottata delle moderne centrali idroelettriche la tensione di 60,000 volls.

L'American Institute of Electrical Engineers, stabilisce come buona media un voltaggio di 840 volts per ogni miglio da percorrere.

Negli Stati Uniti solo da pochi anni si sono abbandonati per le alte tensioni e grandi potenze gli alternatori ad indotto rotante, ed ancora attualmente si costruiscono alternatori trifasi e bifasi di questo tipo.

Si mantiene dai costruttori americani il tipo ad indotto rotante per piccole e medie potenze, onde provvedere al raddrizzamento di una parte della corrente per l'eccitazione composta dal campo magnetico. Gli alternatori direttamente accoppiati alle macchine, quali la moderna pratica esige per centrali elettriche di media e grande potenza, sono del tipo ad induttore rotante, e mentre nella loro costruzione generale non differiscono dagli alternatori europei, si distinguono per le linee più eleganti, per l'accurata disposizione di fessure di ventilazione e di ampie carcasse, per le bobine di eccitazione assai compatte e ben isolate, per gli elementi dell'avvolgimento indotto fatti su sagoma e facilmente asportabili. La Westinghouse ordinariamente lamina tutto il rotore, e munisce i poli di scarpe in ottone che hanno l'ufficio di tenere in sede le bobine di eccitazione e di funzionare da smorzatori delle oscillazioni. La General invece lamina i soli poli che munisce di espansioni.

Possiamo indicare, come ultime espressioni della tecnica delle due grandi Case: gli alternatori per la centrale delle ferrovie sot-

terranee di New York della potenza di 5000 kw, costrutti dalla Westinghouse, e gli alternatori ad asse verticale per l'impianto della Canadian Niagara Falls C°, della potenza di 10,000 HP, costrutti dalla General Electric C°.

Come si disse, il voltaggio tipo di diretta generazione è 6600 volts, la frequenza è uniformata a due diversi tipi, a 25 cicli, e 60 cicli per minuto secondo, il primo destinato a servizi di trazione, e grossi motori, il secondo a servizio illuminazione.

La elettro meccanica americana raggiunge la sua massima perfezione nella lavorazione degli isolanti e delle lamiere; i trasformatori, in cui questi elementi hanno una grande importanza, si presentano quindi come quelle macchine in cui criteri speciali di costruzione si manifestano più che in ogni altra.

Anzitutto la tecnica americana non usa i trasformatori polifasi, ma preferisce connettere insieme più trasformatori monofasi, che suddividono meglio l'impianto e lo espongono meno ai danni prodotti da anormalità della linea.

Possiamo classificare i trasformatori attualmente costrutti negli Stati Uniti in trasformatori a raffreddamento mediante ventilazione, trasformatori immersi nell'olio e trasformatori in olio raffreddati da circolazione di acqua. I primi per medie potenze e tensioni fino a 30,000 volt, i secondi per minime potenze e medi voltaggi, gli ultimi per grandissime potenze ed alti voltaggi.

È assolutamente disusato il tipo a ventilazione naturale, anche per minime potenze, poichè risulta incompatibile col tipo di costruzione generalmente usato a mantello, che, circondando col circuito magnetico gli avvolgimenti, non concede loro una sufficiente dispersione di calore.

L'isolamento degli avvolgimenti immersi nell'olio è fatto con speciali cure, e costituisce una caratteristica dell'industria americana. In luogo di rivestire semplicemente i conduttori con del cotone, e isolarli con cartone e verniciarli a più riprese, affidandosi del potere isolante dell'olio, che troverà modo di cacciarsi nei meati di avvolgimento, per evitare che restino traccie di aria le quali però espandendosi, quando il trasformatore funzionando si scalda,

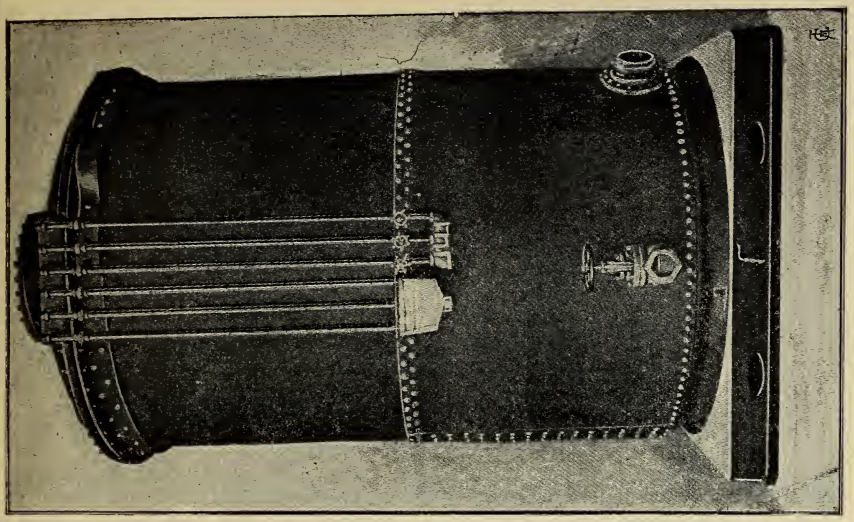


Fig. 8 — *Trasformatore in olio con circolazione d'acqua.*

Trasformatore in olio con circolazione d'acqua.

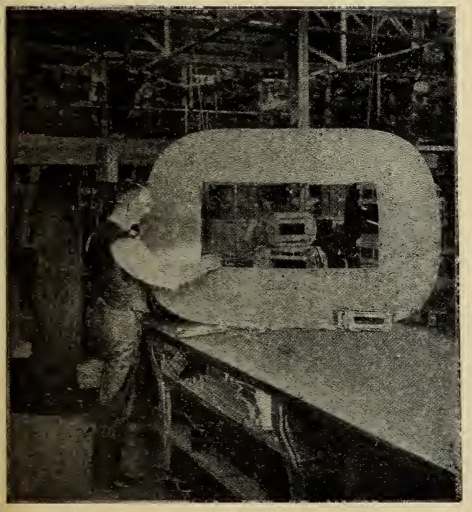


Fig. 9. — *Formazione delle gallette.*

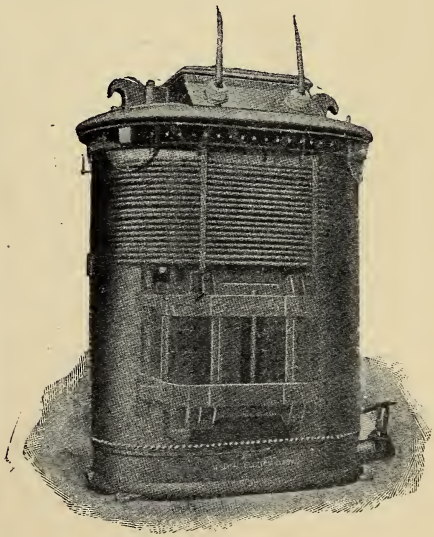


Fig. 10. — *Veduta interna.*

Trasformatori in olio per alte tensioni.

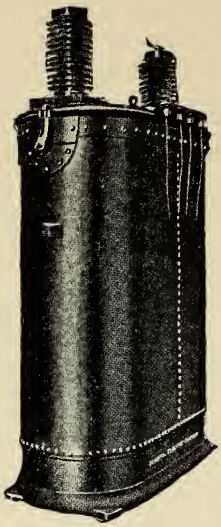


Fig. 11.

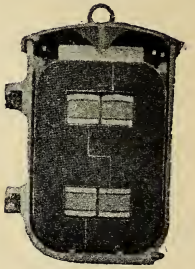


Fig. 12. — *Trasformatare su palo.*

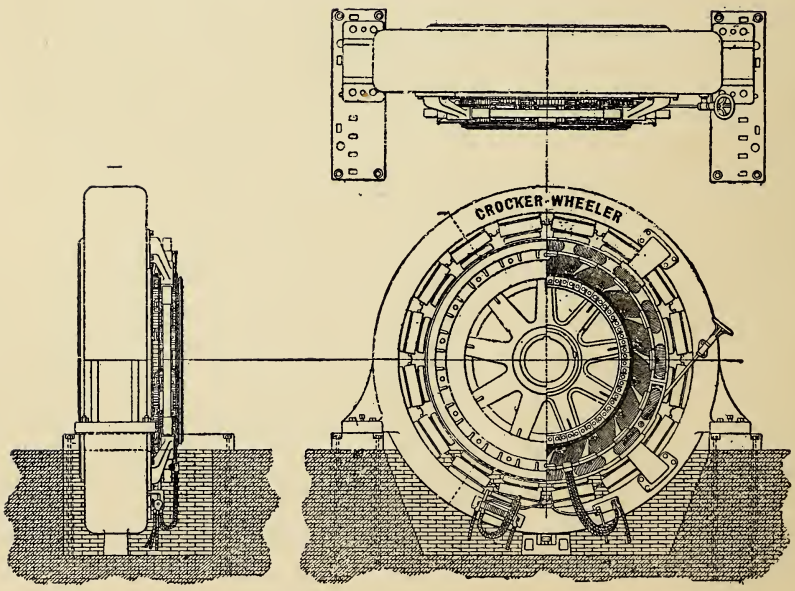


Fig. 13. — *Generatore corrente continua per trazione.* (*Crocker Wheeler Co.*)

scacciano l'olio e screpolano gli isolanti, alcuni dei costruttori americani ricorrono al cosidetto procedimento di isolamento per sostituzione. Dopo aver formato le spire dell'avvolgimento con fili avvolti di cotone, avere interposto il cartone tra gli strati, e ricoperte le bobine con nuovo cotone, queste vengono portate in un autoclave riscaldato, in cui si pratica il vuoto; scacciata così la maggior parte dell'umidità, si spinge nell'interno dell'autoclave una miscela isolante, che va ad occupare tutti i pori lasciati dall'aria e forma colle bobine delle masse compatte, che vengono poi successivamente verniciate.

Un simile procedimento riduce al minimo gli spessori degli isolanti e le dimensioni delle bobine con quelle dei circuiti magnetici che le circondano.

***

La tecnica dei quadri di distribuzione è forse quella che si stacca più di ogni altra dalla pratica europea e ricorre a sistemi di costruzione originali.

Il quadro di distribuzione, inteso come quell'insieme di apparecchi destinati a ricevere la corrente elettrica dei generatori per distribuirla ai feeders od apparecchi utilizzatori a misurare i varii fattori della potenza elettrica e proteggere linee e macchine contro anormalità di circuiti, si è sviluppato nel continente americano seguendo tendenze proprie.

Dal quadro pel sistema a tre fili di Edison del 1882 all'attuale quadro che sulla stessa area colloca gli apparecchi di controllo e di misura per migliaia di kw e col comando a distanza agisce sugli interruttori ad olio riuniti in speciali edifici, si è fatto uno straordinario progresso nei sistemi di interruzione e di protezione.

Abolite le valvole, mal sicuro mezzo di protezione e difficili a cambiarsi, gli interruttori automatici, per piccole e grandi potenze, si sono generalizzati.

Case costruttrici specializzate, quale la Cutter C°, attendono unicamente alla costruzione di questi interruttori elettromagnetici, che per la perfezione di costruzione, e per la esattezza di calcolo

hanno un grado di sicurezza superiore a quello delle valvole, e con tutta prontezza si possono inserire nuovamente sul circuito dopo cessata la anormalità.

Gli interruttori automatici possono oltre che sostituire le valvole in caso di sopraccarichi, aprirsi per mancanza di tensione lungo la linea, interruzione e diminuzione di corrente, inversione di circuito, e altri casi speciali ai quali si può uniformare la costruzione dello interruttore.

Questi interruttori automatici sono formati ordinariamente da un elettromagnete, a grande intensità di corrente, che agisce su un nottolino avente l'ufficio di reagire alla tensione della molla che è stata compressa durante la chiusura dell'interruttore; un secondo elettromagnete in corrispondenza del piano di rottura ha l'ufficio di provocare il soffio magnetico di estinzione dell'arco. A migliorare sotto questo punto gli interruttori si muniscono di tre contatti successivi, il primo a carbone, il secondo di metallo antiarco ed il terzo in rame, e che vengono aprendosi nell'ordine inverso per modo che l'arco si produce in contatto al carbone. Questi interruttori possono raggiungere una portata di 8000 ampère, ed ordinariamente sono costrutti per basse tensioni.

La Cutter C° di Filadelfia, la General e la Westinghouse presentano tipi di interruttori automatici a bassa tensione uniformati a questi principii.

Il quadro a bassa tensione è munito di interruttori ordinari, e di reostati ordinariamente mossi automaticamente da relais.

Il quadro è munito di lastra di ardesia nera ovvero di pietra saponaria ed è tenuto insieme da telai in ferro, essendo assolutamente escluso il legno.

Gli apparecchi di misura sono normalmente del tipo Weston, a ventaglio, spesso invece a forma di settori disposti normalmente al quadro, raramente apparecchi circolari.

Le grandi centrali termiche ed idrauliche che ordinariamente generano corrente ad alto potenziale, per distribuirla ad un grande numero di feeders, hanno quadri di distribuzione assai complessi ed interessanti.

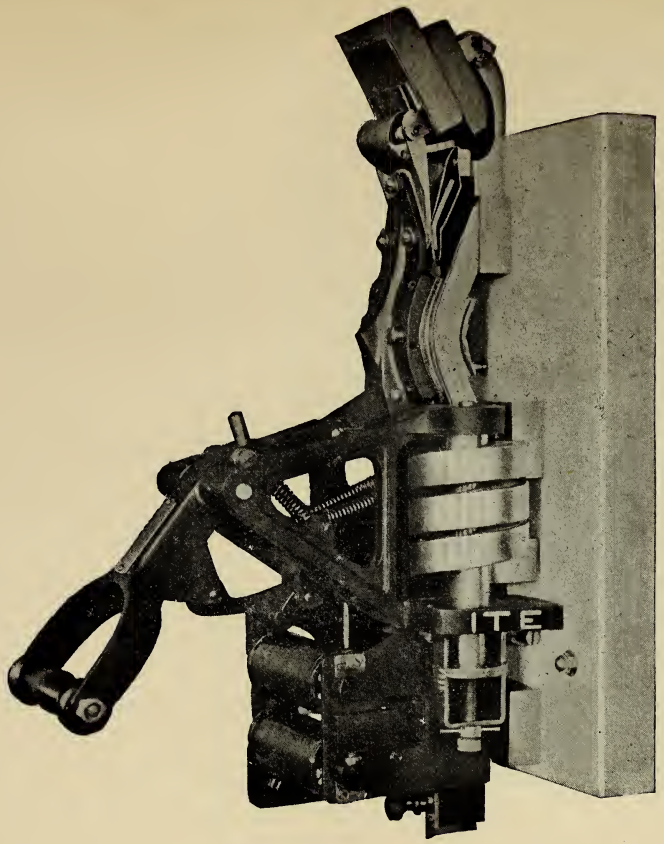


FIG. 14. — *Interruttore automatico per corrente continua* (*Cutter Co.*).

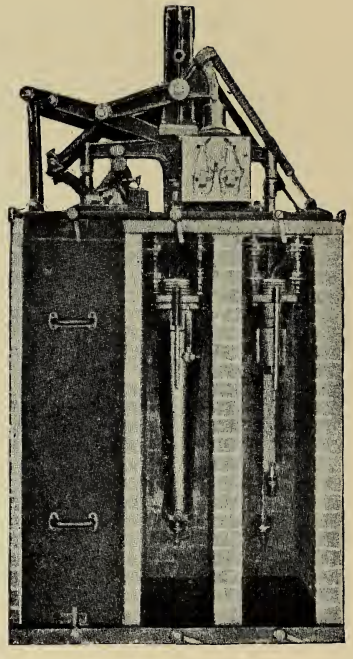


FIG. 15. — *Interruttore automatico in olio per alte tensioni* (*Westinghouse*).

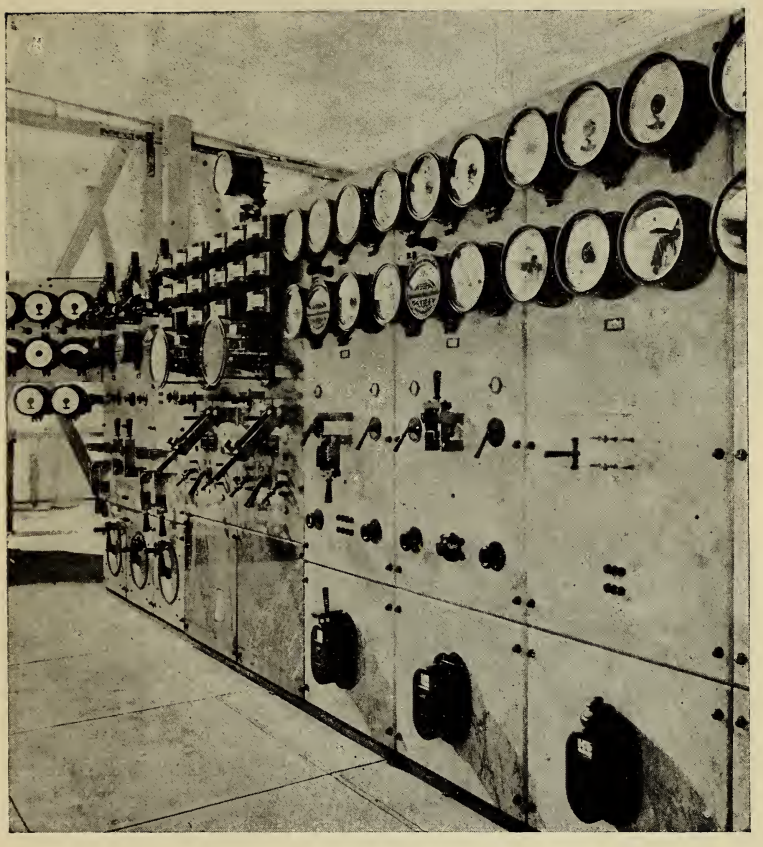


Fig. 16. — *Tavola anteriore di quadro di distribuzione per alte tensioni e grandi potenze.* (*Esposiz. di Saint Louis*) Cap. VII e IV.

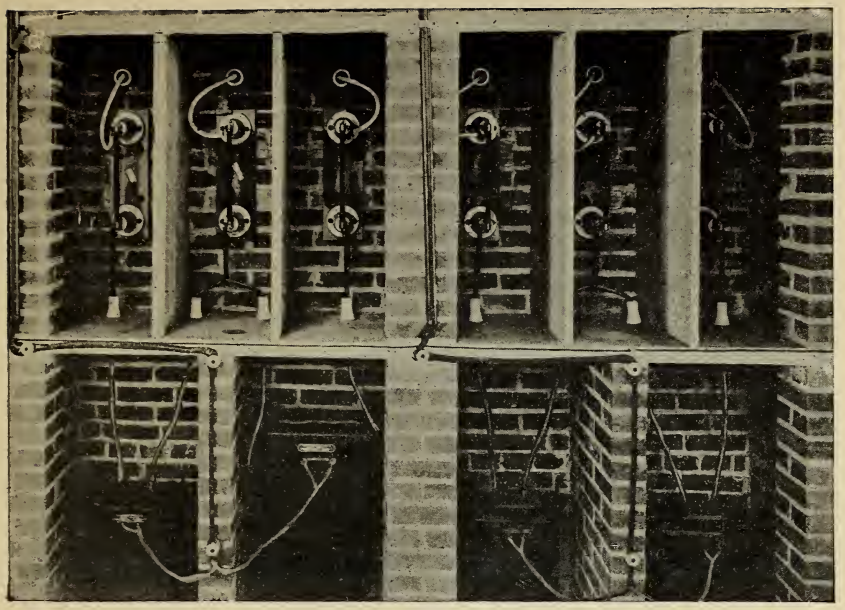


Fig. 17. — *Celle per trasformatori di misura e valvole relative* (*Quadro ad alta tensione*).

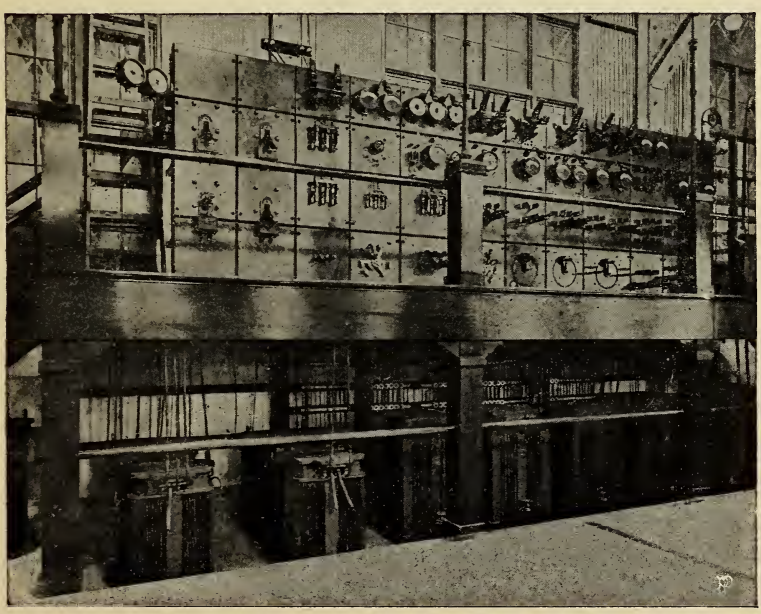


Fig. 18. — *Quadro di distribuzione per media potenza e media tensione* (6000 *volt*)

Gli apparecchi destinati ai generatori sono ordinariamente sostenuti da colonne che fanno parte della balaustra circolante la terrazza del quadro, i voltimetri ed i sincronizzatori sono collocati normalmente al quadro per le letture contemporanee degli apparecchi ed infine gli apparecchi di misura e di comando dei feeders vengono collocati sulle lastre di marmo del quadro, propriamente detto.

Così l'operatore, osservando gli apparecchi di misura dei generatori, ha in vista le macchine, mentre può pure osservare gli apparecchi di sincronismo, ed ha sott'occhio durante il funzionamento normale in breve spazio tutti gli apparecchi di misura.

A questi quadri accedono unicamente circuiti a bassa tensione, mentre le sbarre raccoglitrici, gli interruttori, i trasformatori degli apparecchi di misura sono contenuti ordinariamente in speciali edifici isolati dal resto della centrale.

Il comando degli interruttori e dei reostati è fatto a distanza.

La tecnica americana fa un grande uso di interruttori automatici, avendo pressochè generalmente abolito l'uso delle valvole sui circuiti ad alta tensione e sui circuiti a grande intensità di corrente.

Nelle centrali americane troviamo applicati tre sistemi diversi di comando a distanza degli interruttori: il puramente pneumatico che richiede la presenza sul quadro di distribuzione di tubi e di valvole che complicano la costruzione del quadro e la sua manovra, limitando tale installazione ad impianti di piccola potenza; il sistema misto pneumatico ed elettrico che consente il comando a distanza, mediante la corrente elettrica, di valvole che conducono l'aria compressa a manovrare gli interruttori, sistema che ha il vantaggio di render semplice la manovra del quadro e di dare agli apparecchi agenti una grande potenza a guisa di un servo motore, ma conserva la complicazione di molti tubi e valvole di non facile manovra elettrica, e gli esempi di questo sistema sono assai numerosi in centrali americane; infine il terzo sistema interamente elettrico conduce ad una grande semplicità e sicurezza di manovra, e modernamente si è generalizzato. Nei quadri in studio ci troviamo spesso in presenza di due sistemi di interruttori a comando elettrico a di-

stanza, l'uno a elettromagneti della Westinghouse e l'altro a motore della General.

I due sistemi hanno proprietà differenti, un motore rotante richiede un ingranaggio, ordinariamente una vite perpetua, per trasformare il movimento rotatorio dell'armatura del motore nel movimento ottenuto col sollevamento della parte mobile dell'interruttore; per ottenere una potenza sufficiente per la manovra è necessario che l'armatura del motore faccia un grande numero di giri ed il rapporto di trasformazione sia considerevole; per porre il motore in movimento è necessaria la presenza di un innesto elettrico, alla fine della manovra è necessario riaprire il circuito; infine vi è una connessione materiale meccanica tra l'interruttore ed il congegno di manovra che può essere fatale in caso di arresto di questi congegni meccanici.

Il rendimento del sistema è però buono e la manovra è fatta in modo regolare.

Il sistema elettromagnetico non ricorre a meccanismi, e l'interruttore non può arrestarsi in alcuna posizione intermedia, la manovra della corrente pei magneti si può fare con somma facilità mediante sistemi moltiplicatori ed alla fine della corsa dell'interruttore, quando anche circolasse ancora corrente nell'elettromagnete, questa non avrebbe alcuna influenza. Il comando a mano degli interruttori ad elettromagneti è semplicissimo, mentre il comando degli interruttori a motore richiede il disinnesto degli ingranaggi.

Le tre fasi sono separate da camere in muratura, in ciascuna camera si hanno due contatti fissi per ogni conduttore, uno di entrata ed uno di uscita, fissati con grandi isolatori di porcellana al soffitto della camera; la linea entra lateralmente mediante conduttori ad alto isolamento.

I contatti mobili sostenuti da sbarre di legno si muovono nel senso verticale simultaneamente nelle tre camere, mediante sistemi di leve che comandano la sbarra generale che porta i tre bracci di legno.

I contatti sono foggiati ad imbuto ed hanno internamente un'anima metallica che viene ad introdursi nell'interno dei contatti

mobili, la cui sede esterna corrisponde alla superficie conica interna del contatto fisso e la superficie interna corrrisponde all'anima interna al contatto fisso; questo contatto è aperto posteriormente al contatto principale, limitando l'eventuale arco a queste anime facilmente ricambiabili dopo bruciate.

La gravità e molle potenti hanno la tendenza di mantenere l'interruttore aperto e la sua chiusura è ottenuta mediante l'azione di elettromagneti in cui la circolazione della corrente dipende dalla posizione di un commutatore che è manovrato dalle leve stesse dell'interruttore, in modo che appunto quando l'interruttore è aperto, si possa colla manovra di un piccolo interruttore mandare la corrente nei magneti.

Cessata l'azione di chiusura, i contatti mobili sono mantenuti a contatto colle loro sedi da un elettromagnete a scatto comandabile dal quadro.

I contatti sono nel loro movimento continuamente immersi nell'olio, e le scatole che li circondano sono in ghisa con pareti di lamiera, l'interno del vaso dell'olio è ancora riempito di cemento che si modella sulla forma del contatto mobile in modo che la quantità d'olio richiesta è minima limitandosi ad occupare lo spazio compreso tra il contatto e la parete; la sbarra di legno posta fra i due contatti intercetta ogni arco trasversale. I depositi dell'olio per la forma della scatola di grande altezza si riuniscono sul fondo lasciando pure il liquido in presenza dei contatti. Il livello dell'olio è indicato da apposita fessura di spia.

Il dispositivo automatico è formato da un relay polifase funzionante sul principio della induzione elettromagnetica. Tra due elettromagneti di ferro laminato sono mobili due settori di alluminio che portano i contatti del relay. Attorno a ciascun polo del magnete è avvolta una spirale di rame chiusa in corto circuito. Sotto l'azione della risultante del campo magnetico induttore e quello dovuto alla spirale chiusa in corto circuito, il settore di alluminio si sposta chiudendo il circuito del relay.

Il movimento è equilibrato da un peso spostabile, per cui è possibile regolare l'intensità della corrente necessaria a chiudere

i contatti. La connessione del relay si fa mediante trasformatori in serie su ogni fase e connessi, in modo tale che in caso di accidentale sopraccarico in uno dei fili primari la corrente secondaria eccede i limiti per cui è costrutto il relay, che si chiude e stabilisce il passaggio della corrente, in modo da dirigerla nell'elettromagnete a scatto che da luogo all'apertura dell'interruttore.

L'interruttore automatico ad alta tensione della " General Electric C° „, è pure ad olio, tripolare, comandabile a distanza elettricamente, a mano, ed automaticamente sotto un sopraccarico. I singoli interruttori delle tre fasi sono isolati in tre celle, dove si hanno due contatti in serie contenuti in due diversi vasi ad olio. I contatti inferiori sono fissi a forma di imbuto, i contatti superiori sono mobili a forma di aghi che vengono a incastrarsi scendendo negli imbuti dei contatti fissi, sono sostenuti da un'asta di legno che è comandata dal sistema mobile a molle ed a motore.

La chiusura e l'apertura dell'interruttore è provocata da molle che scattano improvvisamente quando si apre un magnete a scatto inserito nel circuito di manovra. Il movimento delle leve che si abbassano e si alzano agisce su un interruttore che avvia un motore a corrente continua, e lo innesta con un giunto magnetico ad un ingranaggio a vite perpetua che, girando sempre nel medesimo senso, comprime il sistema di molle funzionante nell'operazione successiva Il sistema meccanico è assai semplice, formato da leve che vengono ad appoggiarsi nel sistema centrale a molle collocate superiormente ed inferiormente le quali agiscono alternativamente; una manovella calettata sull'albero dell'ingranaggio comandata dal motorino può comprimere queste leve contro le molle alternativamente in basso ed in alto.

Il sistema abolisce molti degli inconvenienti propri del sistema a motore, e differisce in ogni particolare da quello dell'interruttore della Westinghouse. I vasi sono di legno e contengono una grande quantità di olio, per cui è necessario, quando avviene l'apertura violenta dell'interruttore interporre dei diaframmi che respingano l'olio projettato nell'apertura e contribuiscano colla violenza del getto ad aumentare la pressione contro l'arco che può raggiungere

una lunghezza di quattro pollici. Questo interruttore è il risultato ultimissimo di studi fatti sulla produzione degli archi con metodi di misura della lunghezza di questi archi, e metodi di riproduzione fotografica tutta speciale.

Per quanto riguarda gli altri particolari della tecnica dei quadri di distribuzione, è assai difficile riassumerli completamente e caratterizzarli in breve giro di parole.

Questi quadri sono ordinariamente molto ricchi di apparecchi di misura: amperometri su ogni fase, voltometri, sincronizzatori, indicatori di fattori di potenza, contatori, apparecchi registratori, si accumulano sulle lastre di ardesia nera ordinariamente usata.

Sta applicandosi il sistema delle colonne che raccolgono tutti gli apparecchi di misura dei singoli generatori, e dei piedestalli per i relativi interruttori.

Come regola generale l'alta tensione è allontanata dal quadro ed il suo controllo e comando si fa a distanza. Le sbarre omnibus sono in duplicato, e così pure spesso gli interruttori ad alta tensione.

Molti sistemi di regolatori automatici di tensione stanno usandosi con scarso successo.

In materia di scaricafulmini i sistemi Wirth e Wurtz a distanze esplosive multiple sono gli unici usati.

*
* *

È ormai generalizzato il sistema trifase per la trasmissione della corrente alternata, per quanto esistano notevoli esempi di sistemi bifasi, cui si ricorse in epoca in cui non erano ben chiari i vantaggi del sistema trifase.

Le connessioni a triangolo delle tre fasi sono ordinariamente accettate fino a 25,000 volts, per voltaggi superiori è generalmente accettata la connessione a stella, con punto neutro messo a terra; nelle distribuzioni secondarie non è raro di trovare un quarto filo partente dal punto neutro.

Le linee sono in preferenza dirette lungo le strade ferrate, in questi paesi assai numerose, allo scopo di spendere meno nell'espropriazione di terreni, per quanto questo non possa assumersi

come tendenza generale, poichè alcuni tecnici reputano dannosi all'isolamento della linea i depositi carboniosi che si formano in causa del fumo delle locomotive.

I pali furono pel passato quasi sempre costrutti in legno e caricati di più linee in parallelo.

La tendenza attuale non sdegna di servirsi di pali in ferro galvanizzato, allo scopo essenziale di portare le tesate, che coi pali in legno non superano il limite di 15 metri, fino a 150 metri.

In quanto ai pali in legno la tendenza attuale è di ridurli di altezza, per poterli caricare maggiormente.

In materia d'isolatori la tecnica americana per molto tempo si mantenne fedele per linee telegrafiche, telefoniche ed elettriche all'isolatore in vetro, che ha il vantaggio di costare meno, di mostrare la sua struttura interna, il che permette di riconoscere ogni difetto di costruzione e di impedire l'annidarsi di insetti, ma la minor proprietà isolante, la maggior fragilità di questi isolatori li fa scartare per tensioni elevate e per tesate molto lunghe.

Gli isolatori in porcellana stanno applicandosi sulle linee ad alta tensione: sono costrutti secondo le norme europee. La tecnica americana avrebbe determinato che un isolatore funzionante a 10,000 Volt, deve avere un diametro minimo di 13 cm. e che a 60,000 Volt non è possibile scendere al di sotto di un diametro di 35 cm.

Il materiale per la formazione delle linee è ordinariamente rame, per quanto la tendenza attuale sia dai direttori di centrali amanti di novità, diretta alle linee di alluminio.

Chiamando 1 il peso specifico dell'alluminio, il peso specifico del rame è 3. 33 mentre la resistenza alla trazione dell'alluminio è la metà di quella del rame, e la conduttività dell'alluminio è circa 62, essendo 97 quella del rame, ne risulta quindi che a parità di conduttività ad una sezione 1 di rame, deve corrispondere una sezione 1. 56 di alluminio, e tenuto conto dei pesi specifici, il conduttore di alluminio pesa il 47 per cento meno del conduttore di rame.

In quanto alla resistenza meccanica, dato il diverso peso di unità di lunghezza e l'aumento di sezione, il conduttore di allu-

minio si trova pressapoco nelle condizioni del filo di rame nel formare le catenarie.

La questione sta tutta nel prezzo; si potrà avere la parità di prezzo quando il conduttore di rame costi per unità di peso il 47 per cento del prezzo del conduttore di alluminio, ed attualmente i prezzi del mercato oscillano appunto intorno a questi rapporti, ma il giorno in cui i metodi di produzione dell'alluminio e di lavorazione saranno più semplici ed economici, le linee di alluminio, malgrado la loro maggiore difficoltà di montaggio, saranno adottate perchè condurranno ad una notevole economia di impianto, permettendo una maggiore distanza tra i pali e rendendo possibile l'adozione di pali di legno lá dove una linea di rame richiederebbe una armatura in ferro.

Per gli Stati Uniti, in cui si hanno molte linee elettriche in montagna, il dover trasportare una sola metà del peso di conduttore avrà pure la sua importanza. Il lavoro di montaggio è più facile in quanto riguarda l'elevare i conduttori, non in quanto riguarda l'attacco agli isolatori, e gli isolatori stessi che debbono essere a larga gola. In linee multiple a più fili un solo palo può sopportare tutte le linee, mentre con conduttori di rame si dovrebbe ricorrere alla costruzione di diverse linee. Il conduttore di alluminio ha una superficie irradiante il calore assai grande, per l'incontro presenta una larga superficie alla pressione del vento e della neve.

I giunti tra i varii tratti non si possono eseguire così facilmente come per il rame, ma d'altra parte l'alluminio ha il vantaggio di poter essere trafilato in tratti di maggiore lunghezza.

Per sbarre raccoglitrici di quadri di distribuzioni, l'alluminio si presta benissimo per la larga superficie irradiante che dà a questa parte del circuito, generalmente male ventilato e chiuso in luoghi pericolosi per incendi.

I giunti sono meccanici e formati da tubi in alluminio che afferrano le estremità dei tratti e li assicurano mediante torsione ottenuta con presse idrauliche; un altro tipo di giunto può essere preparato in officina, a doppio passo di vite che si avvita in senso contrario a manicotti fissati ai capi dei tratti. Essendo l'alluminio

un metallo elettropositivo in alto grado, se un altro metallo venisse a contatto con esso, assai facilmente si produrrebbero azioni elettrolitiche nocive al giunto od alle unioni dei conduttori sugli isolatori, per cui tutte queste unioni debbono farsi in alluminio.

L'alluminio è assai meno intaccabile dalle impurità dell'aria che non il rame; appena esposto si ossida, e l'ossido forma una pellicola di grande resistenza chimica.

L'effetto della selfinduzione nei conduttori di alluminio è leggermente minore per il maggior diametro dei conduttori. In quanto alla capacità elettrica, il conduttore di alluminio si trova in condizioni meno buone che non il conduttore di rame di minore sezione, la carica assunta dal conduttore di alluminio sarà maggiore del 10 per cento circa; tale carica può essere però utile per neutralizzare gli effetti della induttanza e quando veramente si potessero raggiungere capacità tali da compensare il circuito, il filo di alluminio avrebbe anche sotto questo aspetto un vantaggio.

***

Allo scopo di descrivere e studiare il sistema di distribuzione a corrente continua nelle città americane, noi ci riferiamo a quella distribuzione tipo che è stata sviluppata dalle Compagnie Edison nelle loro numerose distribuzioni.

Indipendentemente dal fatto che le stazioni distributrici siano di per sè generatrici, o siano sottostazioni alimentate ad alta tensione da centrali, il sistema di distribuzione Edison, quale esiste oggi, è formato da reti a tre fili a corrente continua, ad una tensione circa di 115-230 Volt alimentate a potenziale costante dai feeders.

Nelle prime sottostazioni il sistema a tre fili era alimentato da due dinamo in serie, ordinariamente accoppiate ad un'unica motrice. La regolazione era fatta a mano.

Attualmente invece si ricorre a dinamo uniche di grande potenza ed a sistemi equilibratori formati di due dinamo riunite inserie, lo stesso scopo si potrebbe ottenere con batterie d'accumulatori.

Questa soluzione raramente adottata nelle stazioni generatrici è largamente impiegata nelle sottostazioni, dove le batterie sono

caricate da survoltatrici durante le ore di leggero carico e possono durante le ore di massimo carico, dare un buon aiuto per superare i massimi.

La sottostazione di Adam Street della Chicago Edison C. ha batterie capaci di fornire per un'ora e mezza 13,500 Ampère.

Le stazioni che distribuite nei quartieri delle città alimentano i sistemi a tre fili ricevono dalla centrale generatrice la corrente alternata e provvedono alla sua trasformazione in corrente continua.

Per questa trasformazione si possono usare i convertitori rotanti o i gruppi motori generatori.

La tecnica americana si è dichiarata decisamente favorevole al convertitore rotante, piuttosto che al gruppo motore-generatore, e lo ha portato ad un alto grado di perfezione nella costruzione e regolazione. Il convertitore rotante è, rispetto alla stazione generatrice, essenzialmente un motore sincrono, con tutte le caratteristiche relative a questo motore, colla eccezione che il convertitore si avvia a vuoto, per cui l'avviamento è facilitato rispetto al motore sincrono ordinario, e che la corrente di eccitazione può essere derivata dal circuito stesso a corrente continua.

Il convertitore rotante può quindi essere compoundato in modo da compensare quelle cadute di tensione che si manifestano in caso di sopraccarichi.

Il convertitore rotante ha sul gruppo generatore motore il vantaggio del minore costo, un maggiore rendimento, e consente una migliore regolazione nel circuito del generatore. D'altra parte il legame che sussiste fra la f. e m. del circuito a corrente alternata e quella del circuito a corrente continua, che non è comune al gruppo motore generatore, non è svantaggioso, poichè coi mezzi di regolazione usati in unione a questo apparecchio, si può mantenere nel circuito a corrente continua un potenziale costante, necessario in certe applicazioni, come la trazione. Il convertitore comprende in sè le due macchine, motore e generatore, ambe riversibili, sì da avere grande flessibilità di funzionamento: convertitore reciproco di corrente continua ed alternata, generatore di ambe le correnti, motore per ambe le correnti, funzionante a servizio misto di motore

e generatore. Molte Compagnie, nella previsione di alimentare in seguito le loro centrali generanti corrente continua mediante corrente alternata, quando il numero delle centrali secondarie fosse cresciuto, hanno accoppiato alle motrici convertitori, che attualmente funzionano come generatori normali di corrente continua.

Di fronte quindi al gruppo motore-generatore con motore sincrono, il convertitore rotante è senza discussione preferibile.

Il gruppo motore-generatore a motore d'induzione può in alcuni casi essere da preferire. Per circuiti primari in cui il generatore è soggetto a rapide e periodiche oscillazioni di velocità, ed in circuiti secondari, soggetti a bruschi sopraccarichi, a variazioni di tensione, ed infine per piccole potenze, è necessario l'uso del motore polifase ad induzione.

Mentre nel nostro paese si può ancora aggiungere che il gruppo motore generatore ha il vantaggio di potersi formare con macchine di serie facili a trovarsi e meno costose, questa considerazione non ha valore negli Stati Uniti, dove le distribuzioni sono fatte su tipi costanti di frequenza e tensione, che permettono la costruzione dei convertitori per serie.

Come regola, le sottostazioni americane, sono munite di convertitori rotanti per le trasmissioni a 25 cicli, mentre per le trasmissioni a 60 cicli occorrono gruppi motori generatori. Nella descrizione delle centrali troviamo alcune eccezioni a questa regola, ad esempio la General Electric C. ha un gruppo motore generatore per la corrente alternata a 25 cicli, e gli impianti delle coste del Pacifico usano invece convertitori rotanti per 60 cicli.

I gruppi convertitori rotanti e motori generatori sono ordinariamente della potenza di 500 o 1000 Kilowatt, per quanto se ne siano costrutti per la potenza di 2500 Kwatt.

I gruppi motore generatore si servono ordinariamente di motori sincroni, come meglio adatti per essere accoppiati in parallelo colla linea e pel maggior rendimento. Abbiamo osservato però molti gruppi comandati con motori ad induzione, la loro applicazione è limitata però alla potenza massima di 250 Kwatt.

Tendenza attuale delle distribuzioni delle grandi città è di mol-

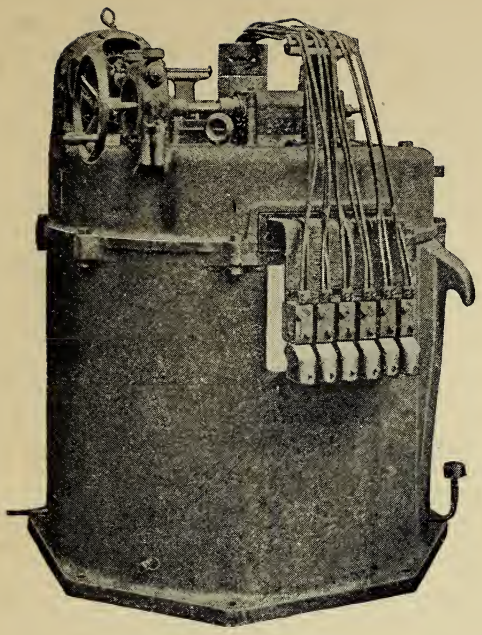


Fig. 19. — *Regolatore induttivo per convertitori rotanti.*

New York Edison Company.

Fig. 20. — *Sottostazione a convertitori rotanti.*

tiplicare il numero delle sottostazioni, per concentrare in un'unica centrale la produzione dell'energia con miglior rendimento del macchinario, e minor richiesta di per sonale. Ne risultano grandi vantaggi pure nel rendimento della distribuzione e nel suo costo, poichè è possibile raggiungere le sottostazioni con feeder ad alta tensione, e mediante convertitori rotanti ottenere la corrente continua a bassa tensione, adatta per la utilizzazione. Per contro queste sottostazioni che sorgono nel centro della città, richiedono l'espropriazione di un terreno molte volte prezioso, e l'acquisto di macchinario speciale.

Le Compagnie Edison regolano il voltaggio del sistema mediante la sorveglianza degli elettricisti, non avendo alcuna fiducia nè dei dispositivi automatici, nè delle dinamo ad avvolgimento compound.

I feeder più lunghi e più carichi sono connessi a generatori operanti a più alta tensione che non quelli accoppiati a feeder brevi e con leggeri carichi. Questa regolazione è fatta mediante reostati inseriti nei campi magnetici; i convertitori rotanti sono invece regolati mediante regolatori ad induzione sulla corrente alternata.

La distribuzione è fatta ordinariamente in vie sotterranee, eccetto che nelle piccole città e nei distretti non popolati delle grandi città. Ordinariamente la distribuzione a tre fili è sviluppata entro tubi.

Per le grandi potenze vengono usati i cavi.

Le linee aeree non incontrano certamente ad una prima ispezione l'ammirazione dei tecnici europei: i pali ordinariamente in legno, di grande altezza, sostenenti un gran numero di linee senza alcun riguardo per la estetica e per la stabilità; i conduttori che vi si appoggiano sono ordinariamènte rivestiti di più strati di cotone saturato od ozocorite con asfalto, isolamento che non ha nessun scopo, mentre ha il difetto di rendere assai pesanti le linee, ed assai difficile il montaggio, richiedendo speciali tipi d'isolatori.

È notevole come il punto neutro di queste distribuzioni sia costantemente messo a terra.

Le diverse sezioni della rete sotterranea sono connesse mediante valvole fusibili di tali dimensioni da fondere per un carico

doppio del sopraccarico permesso alla stazione da proteggere. La loro fusione avviene pure quando il sopraccarico agisce per un certo tempo; in via normale, due ore.

La distribuzione, secondo il sistema Edison, odierno, è fatta a corrente continua, e noi incontreremo in linea generale nelle città americane ogni distribuzione fatta per mezzo della corrente continua, assai raramente fatta come corrente alternata ad uso di forza, ed assolutamente come eccezione fatta a corrente alternata per uso di illuminazione.

In questo punto la tecnica italiana si stacca assolutamente dalla tecnica americana, e poichè non è dell'indole della relazione di discutere tecnicamente quali siano i vantaggi dei due sistemi, della distribuzione della corrente continua od alternata, ci limiteremo ad accennare le ragioni per cui crediamo che la tecnica americana rimanga fedele al sistema a corrente continua.

Le ragioni, più che tecniche, sono commerciali, e forse storiche, dovute a quello spirito conservativo degli americani che raramente acconsente a mutare un tipo che ha dato discreti risultati.

La stessa iniziativa degli americani che li conduce a perfezionare ed adottare, rendendole pratiche, molte novità, li conduce poi ad anticiparne di troppo l'applicazione, e di dare loro troppa estensione in quei periodi in cui queste non hanno ancora raggiunto il loro completo sviluppo, e non ancora tutti i requisiti della praticità.

Le prime distribuzioni elettriche furono fatte in America nel 1882, e dal 1885 al 1890 questo nuovo sistema di trasmissione dell'energia, specialmente per illuminazione, venne generalmente adottato negli Stati Uniti, quando ancora la corrente alternata non era stata applicata, e ci si poteva unicamente servire di distribuzioni tipo Edison, come le più perfezionate in quell'epoca.

Quando la corrente alternata incominciò a mostrare i suoi vantaggi economici di distribuzione, e la sua adattabilità a quasi tutte le applicazioni della corrente elettrica, tutte le città degli Stati Uniti erano ormai provvedute delle loro centrali, e dense reti di distribuzione diffondevano col sistema Edison la corrente elettrica a

quelle stesse lampade che l'inventore americano aveva per primo dato agli americani.

Il sistema Edison si era talmente sviluppato in tutti i suoi particolari e sistemi di generatore, di regolazione, che ai primordi della corrente alternata, mostrava certo una superiorità sui nuovi sistemi che si proponevano.

Questo tipo rimase costante nelle distribuzioni americane, e se oggi la corrente alternata è pure largamente usata negli Stati Uniti, per trasportare l'energia elettrica a grandi distanze, il suo impiego per la distribuzione a scopo di illuminazione e di potenza motrici, è assai limitato.

Noi crediamo di riconoscere un'altra causa in questo limitato impiego della corrente alternata a scopo di forza motrice: è noto come il motore a campo rotante inventato nel 1885 dal nostro Ferraris, sia stato brevettato nel 1888 dal Tesla della Compagnia Westinghouse, e per quanto questo motore venisse dalla stessa Compagnia perfezionato e reso pratico, e la tecnica europea ne avesse fatto uno dei tipi più convenienti per la trasformazione dell'energia elettrica in energia meccanica, negli Stati Uniti tale brevetto rimase nelle mani della Compagnia Westinghouse, e della General, che per una convenzione hanno i loro brevetti comuni.

Poichè nel continente americano il sistema Edison aveva condotto queste Compagnie a perfezionare di molto nell'economia di fabbricazione le macchine a corrente continua, ed il mercato di queste si presentava grandissimo e continuamente crescente, non conveniva a queste Case di dare al nuovo motore un grande sviluppo, che le avrebbe condotte a scaricare la propria produzione in un mercato non ancora formato e che aveva minor probabilità di rimunerazione.

Il motore ad induzione non ha raggiunto negli Stati Uniti quell'alto grado di perfezione e quella generalizzazione che esso ha nel continente Europeo, dove la concorrenza delle Case costruttrici si è manifestata nel perfezionamento della sua costruzione.

Commercialmente i capitalisti che ordinariamente non hanno preferenze tecniche, per l'uno o per l'altro sistema, in un periodo

in cui il sistema Edison aveva dimostrato di aver dato immensi guadagni, non si adattavano a mutare un tale sistema di cui erano già conosciuti tutti i particolari economici, di fronte ad un sistema nuovo e che lasciava ancora molti dubbi sulla sua pratica ed economica applicazione.

Commercialmente poi, la corporazione delle Compagnie Edison, che ha compreso quasi tutte le centrali rette dal suo sistema, ha una tale potenza ed esuberanza, che assorbe ogni altro nuovo impianto che si formi in buone condizioni, ed i costruttori stessi di questi impianti fin dai loro primi progetti si propongono di costruirli col sistema normale delle Compagnie Edison, prevedendo appunto una tale associazione.

Il sistema a corrente continua è oramai entrato talmente nelle abitudini industriali americane, che un mutamento a vantaggio della corrente alternata, mentre comprometterebbe la regolarità di servizio, pregiudicherebbe troppi interessi.

Nella sola New York si hanno sui circuiti a corrente continua circa 15,000 motori, con una capacità di 85,000 cavalli; su quelli di Chicago 9000 motori della capacità di 43,230 cavalli; nella città di Detroit sono connessi 262 motori per 4500 HP.

La potenza media di questi motori è assai piccola, varia tra 1. 5 a 2 HP: in queste condizioni il motore a corrente continua è assai più pratico che non un motore a corrente alternata, che, se del tipo ad induzione, richiede una corrente d'avviamento che porrebbe in ben cattive condizioni la rete delle prime ore del mattino; se del tipo sincrono, mancherebbe di praticità.

Il prezzo poi dei motori a corrente continua è mantenuto dalle Compagnie interessate assai minore che non il prezzo del motore a corrente alternata, benchè questo prezzo sia assolutamente artificiale e mantenuto a scopi finanziari.

Il sistema a corrente alternata avrebbe il vantaggio di abolire nelle sottostazioni di trasformazione i gruppi motori-generatori, e di sostituire ai convertitori rotanti i trasformatori statici; le condizioni di regolazione della distribuzione sarebbero assai migliorate.

***

Le centrali elettriche americane si possono classificare per la loro uniformità in vari sistemi, aventi caratteri proprii.

Le Centrali termiche.

CAPITOLO V.

IL SISTEMA EDISON.

Le centrali elettriche che erano sorte per sfruttare i brevetti di distribuzione ed utilizzazione della corrente elettrica dell'Edison, erano pressochè tutte informate allo stesso sistema, per quanto necessità locali e criteri tecnici avessero condotto ad una grande varietà di tipi di correnti.

Le Compagnie esercenti queste centrali, che prendevano il nome da Edison, furono per molto tempo indipendenti, e se avvenne un processo di consolidamento, così naturale negli Stati Uniti, questo seguì, nei primi anni, tra le Compagnie esercenti centrali nella stessa città, a scopo di eliminazione di concorrenza e di economia di esercizio. Attualmente tutte le Compagnie Edison sono collegate in un trust detto " Association of Edison Illuminating Companies „.

Fin dal 1885 alcune Compagnie Edison si riunivano in associazione allo scopo precipuo di fare tesoro comune della esperienza acquistata nei vari impianti, e dare ad un ufficio unico competente, la soluzione delle questioni tecniche comuni. Pochi mesi dopo entravano a far parte dell'Associazione alcune Compagnie manifatturiere e si cominciarono a discutere le questioni economiche interessanti i membri della Associazione, facendo dei mutui accordi.

Alla terza assemblea del 1886 si stabilivano norme per la uniformità delle lampade ad incandescenza, si riconosceva la necessità di tracciare e conservare i diagrammi di carico delle stazioni, e l'uso degli apparecchi contatori.

Le Compagnie Edison che si aggregarono alla Associazione vennero crescendo, per approfittare dei vantaggi che questa prometteva ai nuovi membri, e nelle successive adunanze lo scambio di idee tra tecnici provati alle prime difficoltà, la discussione sulle questioni economiche più interessanti, le decisioni relative alle questioni di interesse generale, gli accordi coi costruttori di macchine e fabbricanti di lampade, ed infine la lettura di memorie tecniche che riassumevano quanto nell'anno si era progredito, resero dei grandi servizi alle Compagnie associate.

Attualmente tutte le Compagnie Edison fanno parte di questa Associazione, che è salita a grande potenza e che sia dal lato finanziario come dal lato tecnico provvede alle Compagnie associate molte facilitazioni ed aiuti.

La Compagnia possiede laboratori per le prove dei materiali, per misurazioni interessanti le centrali elettriche, e mantiene un grande laboratorio fotometrico per la prova e distribuzione delle lampade ad incandescenza. Questo laboratorio diretto da tecnici di alto valore, ha l'ufficio di determinare anzitutto il potere luminoso delle lampade usate nelle varie centrali nei rapporti verso il costruttore che è impegnato da speciali contratti verso l'Associazione, deve poi determinare per quale tensione sono più appropriate le varie lampade, classificandole esattamente e distribuendole in quelle reti che hanno esattamente lo stesso voltaggio in modo da eliminare l'inconveniente comune anche alle più grandi centrali, di avere in uno stock di lampade tensioni comprese nei limiti del contratto, ma troppo variabili per un buon funzionamento.

È presidente generale della Associazione Joseph B. Mc. Call.

È presidente del Comitato per le lampade ad incandescenza John W. Lieb Jr.

Le caratteristiche tecniche delle centrali dipendenti da questa Associazione sono pressochè uniformi, in linea generale sono quelle che abbiamo avuto a considerare nello studio generale delle centrali termiche.

Seguono brevi cenni descrittivi e statistici delle principali stazioni dipendenti dal sistema.

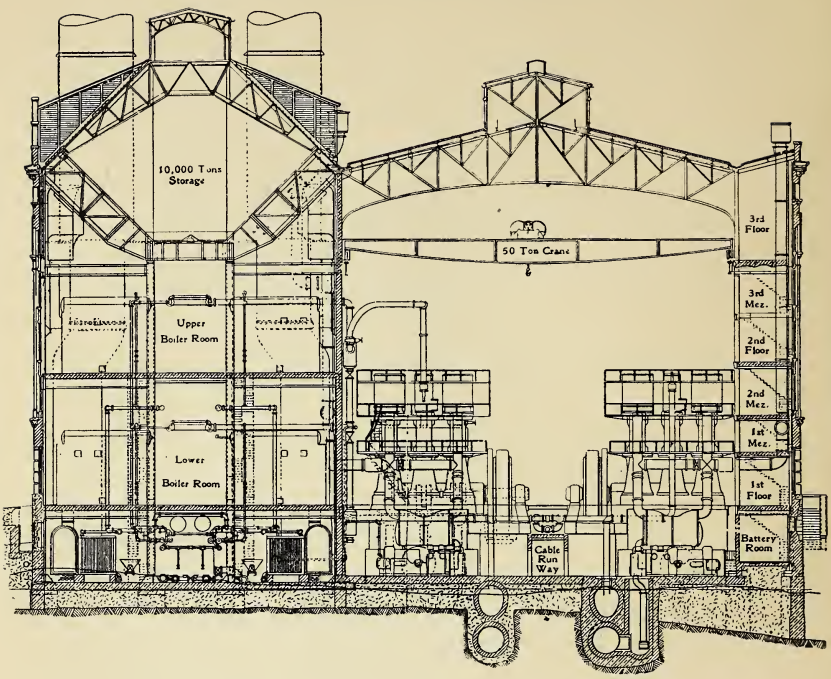


Fig. 21. — *Sezione della Waterside Station.*

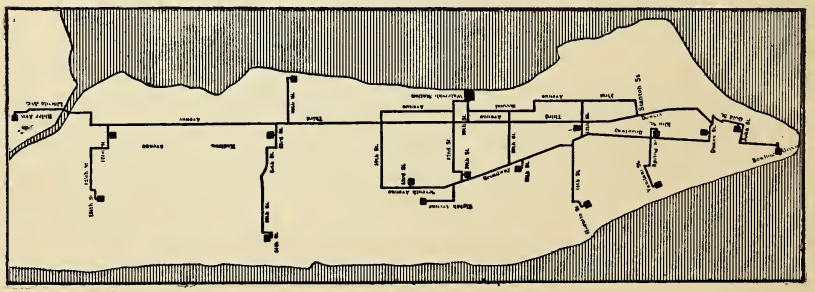


Fig. 22. — *Distribuzione dei circuiti ad alta tensione.*

New York Edison Company.

Questa Compagnia, organizzata nel 1878 col capitale di dollari 300,000, sotto il nome di " Edison Electric Light Company „, è stata il germe della vasta corporazione delle Edison.

La sua prima stazione fu la Pearl Street Station, che conteneva le storiche dinamo " Jumbos „ di Edison, alimentanti un sistema sotterraneo della lunghezza di 4 miglia e mezzo di feeder e 10 miglia di distributori, coprente un territorio di un miglio quadrato.

La prima dinamo cominciò a funzionare il 5 luglio 1882, mentre il sistema cominciò a funzionare regolarmente il 4 settembre dello stesso anno. La capacità della centrale era di 6 dinamo della potenza di 1200 lampade a 16 candele, che per la prima volta erano impiegate in un servizio di illuminazione pubblica.

Da quel giorno, senza interruzione, con continue trasformazioni di macchinario, di centrali e sottostazioni, sotto la necessità di seguire lo sviluppo di una città quale New York, il sistema di Edison si è ampliato, ha diffuso le sue reti pure conservando inalterato il suo carattere primitivo.

Attualmente la distribuzione della Compagnia copre la intera isola di Manhattan, comprendente 21. 93 miglia quadrate ed una popolazione di 1,900,000 abitanti, ed il sobborgo di Bronx coll'area di 40 miglia quadrate e la popolazione di 625,000 abitanti. Come da tutte le Compagnie Edison, è usato il sistema a tre fili a corrente continua a 120 e 240 volt.

Le stazioni generatrici, tutte termiche, sono in numero di 5, la massima è la Waterside Station, le sotto-stazioni sono in numero di 13, di cui segue l'elenco:

11	Broadway (The Bowling Green).
39-43	Gold street.
200	Elm street.
96-98	Vandam street.
152	Clinton street.
32	Oratio street.

452	West 27th street.
117-119	West 39th street.
118-122	West 53d street.
123	East 83d street.
211	West 84th street.
128	East 121st street.
258	West 124th street.

L'area complessiva di tutte queste stazioni è di 22,954 metri quadrati, di cui 3950 appartengono alla Waterside; complessivamente le stazioni generatrici, fatta esclusione della Waterside, hanno una potenza di 13,832 cavalli in caldaie, 21,875 cavalli in motrici, 14,600 kwatt in dinamo e 132,000 ampèr-ora a 135 volt. con scarica di tre ore in batterie d'accumulatori; coll'aggiunta della Waterside la capacità dell'impianto caldaie sale a 50,232 cavalli, mentre la potenza motrice complessiva ha la capacità di 82,375 cavalli, e quella delle dinamo 53,100 kwatt. Le sotto-stazioni contengono 7 gruppi motori generatori, 3 di 150 kwatt e 4 di 500 kwatt, e 57 convertitori rotanti, 2 di 400 kwatt, 20 di 500 kwatt, 35 di 1000 kwatt. Quattro convertitori rotanti della potenza di 2000 kwatt, i più grandi mai costrutti, sono in corso di montaggio.

Le batterie di accumulatori hanno la capacità del 25 per cento di quella totale degli impianti.

Durante il 1903, il massimo carico nella Manhattan Island fu di 359,460 ampère, che, al voltaggio medio di 140 volt, equivale a 50,600 kwatt. Dai dati raccolti il primo semestre del 1904, è da prevedere che nel presente anno il massimo carico sarà 425,000 ampère a 140 volt.

La potenza fornita dalle stazioni della Manhattan Island durante il 1903 salì a 131,000,000 kwatt-ora; il rapporto fra il massimo carico e la potenza effettivamente inserita sulla rete fu del 36. 6 per cento, percentuale che viene decrescendo anno per anno, col crescere della concentrazione degli impianti di generazione della corrente, e la diversità degli scopi a cui questa può essere impiegata.

Il carico medio della Waterside Station, durante il giorno di

massimo fu di 21, 535 kwatt, con un fattore di carico di 56 per cento, la media per tutto il mese di dicembre fu di 18,069 kwatt, 47 per cento della capacità.

La installazione comprende 1,507,342 lampade ad incandescenza, 19,386 lampade ad arco, 85,072 cavalli per motori, e 2000 kwatt per carico batterie accumulatori, riscaldamento, cucina e laboratori. Delle lampade ad arco, 3126 sono municipali. Per stabilire un dato di confronto, questo carico equivale a quello di 2,955,215 lampade ad incandescenza da 16 candele.

Alla fine del 1903 il sistema di distribuzione sotterranea comprendeva 334. 67 miglia di distributori, 152. 82 miglia di feeder a bassa tensione e 107. 44 miglia di cavi ad alta tensione, un totale di 594. 93 miglia.

Il sistema a tubi Edison comprende 171. 06 miglia, i feeder 6552 miglia; il resto del sistema è formato da cavo a tre conduttori chiusi in condotti sotterranei di ferro o di creta.

I conduttori estremi, di polarità positive e negative, hanno una sezione massima di 507 mmq.; mentre il filo neutrale ha un terzo di quella sezione. La massima distanza, da cui si diramano i distributori da ogni stazione, raggiunge raramente un miglio; ordinariamente i due conduttori estremi sono contenuti in un unico cavo, mentre il neutro è contenuto in cavi indipendenti, ramificati, con più feeder, in modo da equilibrare il sistema. Attualmente, nella rete a bassa tensione, si hanno 346 punti di alimentazione. e questo numero va rapidamente crescendo.

Il sistema ad alta tensione incominciò ad impiantarsi nel 1896; la seconda installazione ad alta tensione venne stabilita nel 1898 allo scopo di riunire le diverse sotto stazioni, in modo da stabilire delle riserve per ogni distretto.

Attualmente la Waterside Station è riunita mediante cavi ad alta tensione ad ogni stazione e sottostazione, mentre le singole stazioni sono riunite fra loro. Ogni feeder ad alta tensione parte dall'interruttore automatico ad olio, del quadro di distribuzione della stazione centrale ed il cavo protetto mediante isolamento, in gomma, ma per la maggior parte in carta, viene teso nei condotti

sotterranei. Questi condotti sono formati da tubi in ferro o di creta vetrificata. Camere d'ispezione sono provvedute ad ogni incrocio di vie dove convengono pure le scatole di giunzione,

Originariamente il sistema Edison per la distribuzione in New York contemplava 36 distretti indipendenti, con corrispondenti stazioni generatrici e termiche.

La limitata zona di una distribuzione a bassa tensione era un inconvenienie del sistema, ma i vantaggi commerciali e tecnici erano talmente importanti, da giustificare lo sviluppo del sistema di distribuzione in New York, mediante la bassa tensione, con corrente continua, ed anche dopo che si scoprirono le preziose qualità della corrente alternata, per molto tempo fu conveniente il generare la potenza in tanti punti diversi ed indipendenti.

Questo sistema di centri di distribuzione si accordava però perfettamente col concetto della corrente alternata, che poteva raggiungere questi centri con linee ad alta tensione, di grande rendimento, e permetteva di generare l'intera potenza in un'unica centrale lavorante nelle migliori condizioni di efficienza e di regolazione.

Certamente è da stupire come non si sia convertita tutta la distribuzione, in distribuzione a corrente alternata, eliminando i convertitori rotanti per cui gli americani hanno tanta simpatia, ma che pure costituiscono un punto debole del sistema.

Quando venne installata la Waterside Station tutte le sottostazioni si trasformarono, munendosi di convertitori rotanti e di capaci batterie d'accumulatori.

La *Waterside Station*. — La nuova stazione occupa l'intera isola situata tra la 38ª e 39ª strada ed il fiume, dell'area di 110×150 metri.

L'edificio è in stile rinascimento, la costruzione in acciaio e rivestimento in granito, in modo da costituire un buon modello di architettura industriale. Questa stazione fu costrutta con una potenza tale da sostenere il carico medio di New York mentre le stazioni termiche distribuite nei distretti, hanno l'ufficio di prov-

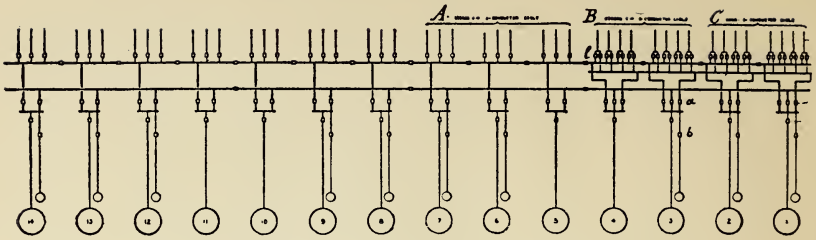


FIG. 23. — *Schema generale della Waterside Station.*

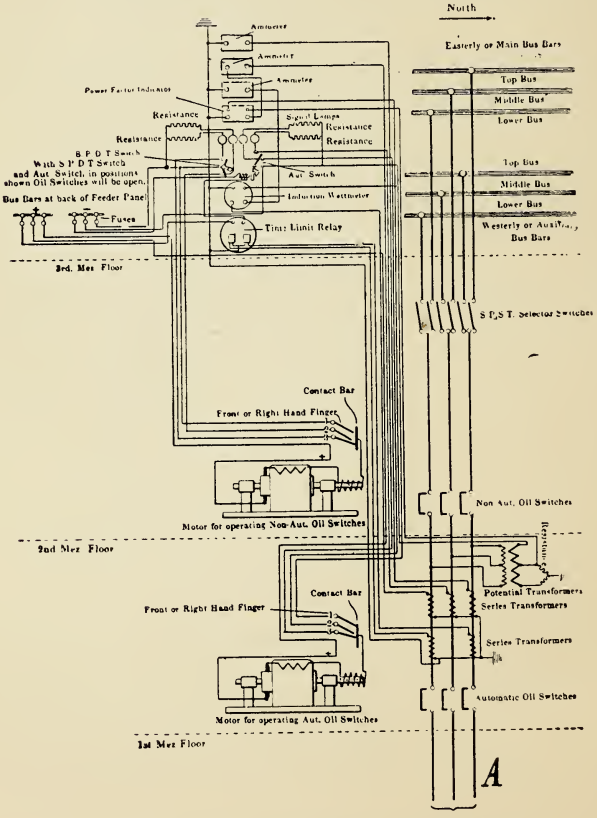


FIG. 24. — *Schema dei circuiti di ogni generatore.*

New York Edison Company.

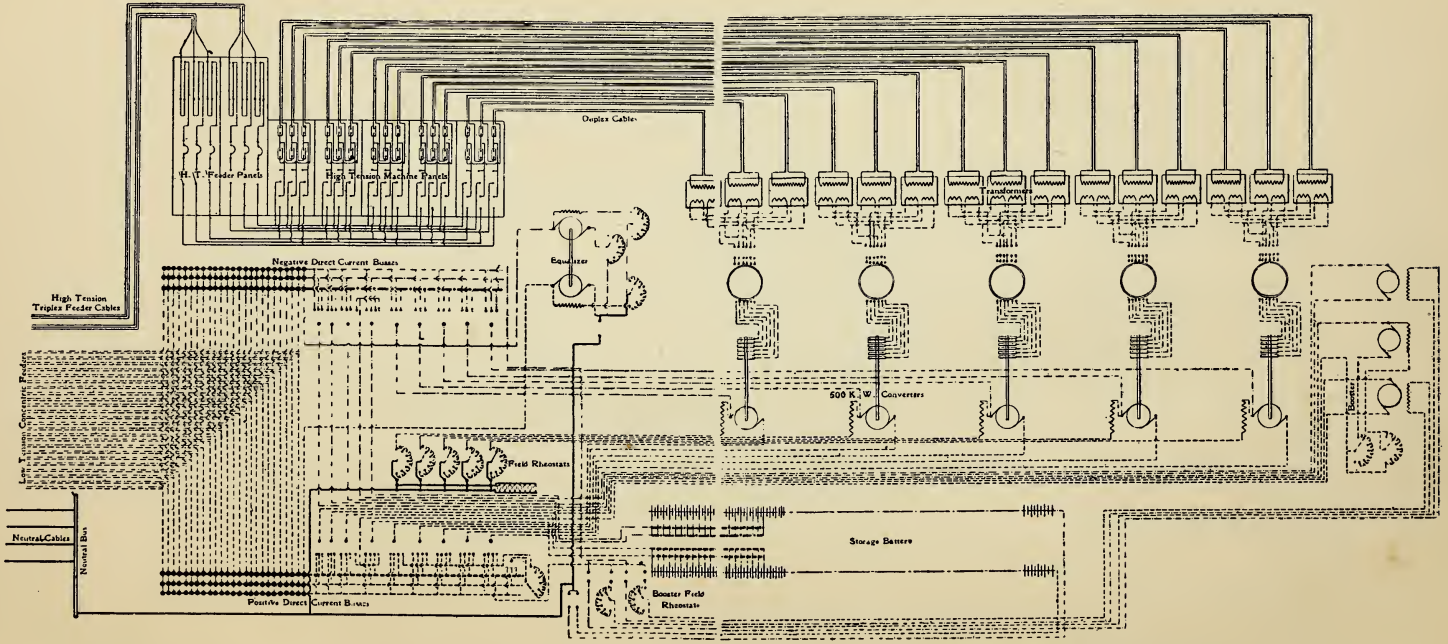


FIG. 420.—GENERAL DIAGRAM OF SUB-STATION CONNECTIONS

FIG. 25. — *Schema dei circuiti di una sottostazione.*

vedere alle punte, nel quale scopo sono aiutate dalle batterie d'accumulatori.

L'impianto caldaie è formato da 56 caldaie tubolari, della capacità di 650 HP. Esse sonò disposte divise in due piani in due fila di fronte ad un corridoio destinato ai fuochisti. La pressione di funzionamento è di circa 15 atmosfere. Il tiraggio è forzato, e l'alimentazione del carbone automatica. Il combustibile usato è l'antracite. Il carbone, ricevuto dal fiume, sollevato dai barconi, è trasportato mediante draghe a frantoj e da questi mediante elevatori ai silos, situati sulla parte superiore dell'edificio, da questi silos, automaticamente va ad alimentare le caldaie, con portata di 150 tonnellate all'ora. Le ceneri sono pure scaricate mediante sistemi di convogliatori e draghe in barconi raccolti nel fiume durante la notte.

Il salone delle macchine ha la larghezza di 35 metri × 80 di lunghezza. Nel progetto primitivo era stato previsto di installare 16 motrici verticali, tipo Marina, a 3 cilindri, ma poichè durante la costruzione della centrale le turbine a vapore presero un così grande sviluppo, dimostrando la loro praticità, l'impianto venne progettato con una parte del macchinario costituito da questi nuovi motori.

Le motrici termiche della capacità di 5500 cavalli, e capaci di sostenere un sovraccarico fino ad 8000 — 10,000 HP, hanno la velocità di 75 giri al minuto, con manovella a 101, 126 e 122 gradi, per assicurare una rotazione uniforme. I cilindri hanno il diametro di 43 pollici (alta tensione) 78 pollici (bassa tensione) le corse di 60 pollici.

Il volante pesa 45 tonnellate, ed ha il diametro di m. 6. 90. I sistemi di regolazione permettono di variare la velocità della motrice e di assicurarne il funzionamento.

I condensatori a circolazione d'olio hanno la superficie refrigerante di 9200 metri quadrati, e contengono 3700 tubi del diametro di 18 mm. Nel sistema sono continuamente in circolazione 10,000 litri di olio.

Gli alternatori sono del tipo a campo magnetico rotante, della

potenza di 3500 Kwatt (307 Ampère per fase, 6600 Volt), posseggono la capacità di un sopraccarico di 400 Ampères per 3 ore. Il campo magnetico rotante è formato da 40 poli e gira a 75 giri generando corrente a 25 cicli.

La parte rotante pesa 65 tonnellate, mentre il peso totale degli alternatori è di 123 tonnellate. In prova pratica gli alternatori hanno mostrato un rendimento di 97. 2 per cento, con $^1/_4$ di sovraccarico; di 97 per cento a pieno carico, 96,5 per cento a $^3/_4$ di carico, e 95. 5 per cento a mezzo carico.

Le eccitatrici sono formate da gruppi di un motore ad induzione di 225 cavalli direttamente accoppiato ad una dinamo corrente continua di 160 Kwatt alla tensione di 280 Volt.

Una batteria d'accumulatori assicura la presenza della corrente continua d'eccitazione.

Il quadro di distribuzione è formato da una serie di gallerie occupanti un intero lato della sala. Esso è formato da una struttura a tre piani di cui il primo è occupato dagli interruttori automatici ad olio, connessi sui feeder, dai trasformatori di misura, e dagli interruttori ad olio dei generatori. Nella seconda galleria vi sono i gruppi di taglia circuiti che sono connessi ai gruppi di due feeder per mezzo dei quali ciascun gruppo può essere connesso coll'uno o coll'altro dei due sistemi di sbarre omnibus della stazione; i reostati di campo dei generatori.

La terza galleria è la galleria principale di operazione di tutta la stazione; nella parte superiore vi è il locale delle sbarre omnibus, alle quali sono uniti gli interruttori dei generatori per mezzo dei quali ogni generatore può essere accoppiato coll'uno o coll'altro sistema di sbarre.

Sul davanti della galleria da cui l'operatore può vedere tutta la sala, vi sono le tavole in marmo che portano i vari interruttori e gli strumenti indicatori e registratori necessari.

Ciascun generatore ha un proprio quadro su cui sono raccolti i seguenti strumenti: un contatore, un voltimetro, due amperimetri, un wattometro indicatore, un amperimetro di campo, un indicatore del fattore di potenza, le lampade di sincronismo, e le lampade di

segnalazione connesse al relais di sopraccarico, segnali luminosi per cui l'operatore può trasmettere ordini ai macchinisti. Gli indicatori di frequenza, voltimetri e sincronizzatori, sono collocati di fronte, in modo che nell'atto di accoppiare in parallelo le varie unità, il sorvegliante non sia obbligato a volgere loro le spalle.

Ciascun feeder ha un pannello verticale su cui sono montati gli interruttori comandanti gli interruttori automatici, un contatore, 3 amperimetri, un indicatore del fattore di potenza e dei relais a tempo.

La seconda parte della stazione è costrutta a turbogeneratori e attualmente sono in montaggio tre turbine del tipo Curtis, fabbricate dalla General Electric Company, a due giranti con 8 giri di palette e sei di ugelli.

L'aumento di traffico richiesto dalle Compagnia è stato così grande che attualmente è necessario provvedere ad una nuova stazione, di cui si cominciano le opere murarie; la sua potenza sarà di 100,000 Kwatt interamente generati da turbine a vapore.

Sotto il punto di vista dello studio economico di questa centrale, è interessante di sapere come per impedire la possibilità di interruzioni nella fornitura del carbone, e per non dipendere dalle oscillazioni del mercato, o da scioperi, o da blocchi di Compagnie ferroviarie, la Compaguia ha acquistato una grande area per farvi depositi di carbone.

Il carbone ricevuto dal mare è accumulato mediante gru di costruzione speciale in grandi coni, che hanno la capacità di 60,000 tonnellate, e permettono di guardare per qualche tempo con sicurezza ogni evenienza. Questi depositi sono riforniti tutte le volte che le condizioni del mercato rendono i prezzi assai miti.

La corrente viene venduta al pubblico con differenti tariffe; ai minori consumatori la corrente è vènduta mediante un contratto graduale in cui il massimo prezzo è di 75 centesimi per Kwatt-ora, per tutto il tempo eccedente le 6 ore.

Le installazioni più grandi si servono di un contratto a *forfait* che mediante assicurazione di un grande consumo di corrente permette una sensibile riduzione di prezzo.

Sotto la forma *a*) il cliente garantisce un uso mensile di corrente ammontante a 2000 Kwatt-ora, una media di consumo diurno di 2 ore per 10 mesi all'anno: il massimo prezzo è ridotto a 50 centesimi per Kwatt-ora, per tutta la corrente che eccede le 4 ore di consumo diurno il prezzo è ridotto a 25 centesimi.

Il secondo contratto *b*) necessita una garanzia di 2500 Kwatt-ora, a massimo, con un funzionamento diurno di due ore, durante 10 mesi dell'anno, il massimo prezzo è allora di 50 centesimi al Kwatt-ora, collo sconto di 5, 10, 15 centesimi, rispettivamente, per un consumo medio diurno di 4, 6, 8 ore; uno sconto di 2. 5 centesimi al Kwatt-ora se la fattura raggiunge 2500 lire, e di 5 centesimi se la fattura ammonta a 5000 lire, per cui mediante questa forma di contratto un cliente avente una fattura mensile di 5000 lire, ed usando il suo impianto per una media di 8 ore al giorno, viene a pagare la sua energia a 30 centesimi al Kwatt-ora.

I colossali edifici costrutti in New-York durante gli ultimi anni, hanno condotto a nuove forme di contratto, ad esempio: il cliente garantisce un uso mensile della corrente non minore di 10,000 Kwatt-ora, durante 12 mesi dell'anno, e mette a disposizione della Compagnia, senza spese di affitto, lo spazio sufficiente per stabilire una sottostazione. In queste considerazioni il prezzo massimo è ridotto a 25 centesimi per Kwatt-ora.

Quando il consumo mensile eccede 15,000 Kwatt-ora, la quantità in più viene a pagare solo 25 centesimi, se eccede i 25,000 Kwatt, la parte che eccede questa quantità paga 20 centesimi; se eccede 50,000 Kwatt-ora, il prezzo discende a 15 centesimi al Kwatt-ora.

La corrente elettrica a scopo di forza motrice è venduta al prezzo di 50 centesimi per cavallo ora, equivalente a circa 65 centesimi al Kwatt-ora.

Per una nota mensile di 100 Kwatt-ora, vi è uno sconto del 20 per cento; per 200 Kwatt-ora del 25 per cento; per 400 del 30 per cento; per 600 del 35 per cento; per 800 del 40 per cento; per 1000 del 45 per cento; per 1500 del 50 per cento; per 5000 del 55 per

cento; per 10,000 del 60 per cento; e così la corrente può essere comprata fino al minimo di 20 centesimi per Kwatt-ora.

Vi è poi una speciale tariffa pei consumatori di corrente per carica di batterie, per cui questa può essere ricevuta in ore di minimo carico. Il prezzo in media è di 30 centesimi per Kwatt-ora, con sconto progressivo. Potenti consumatori di questo ordine di servizio che hanno un orario ben regolato possono ricevere la corrente al prezzo di 15 centesimi al Kwatt-ora.

Non si fà distinzione per luce ad arco o ad incandescenza, come tra potenza consumata in motori o in riscaldamento o cucina.

Le sottostazioni nella città sono in numero di 18, 12 delle quali sono interamente della classe delle sottostazioni, e convertono tutta la potenza che ricevono dai cavi di alta tensione. La loro installazione è tipica per quanto varii la loro capacità coi bisogni del distretto in cui sono collocate.

Il tipo generalmente adottato, che raggiunge lo scopo di economia, rendimento e convenienza, è di collocare le scatole di arrivo dei cavi nel basamento del quadro a bassa tensione, i convertitori rotanti ed il quadro a bassa tensione al primo piano, i regolatori ad induzione, interruttori ad alta tensione al mezzanino, le batterie sul piano superiore. Lo spazio occupato è sempre minimo in ragione dei prezzi elevatissimi delle aree in quella città. Ogni stazione di trasformazione è ordinariamente munita di: trasformatori statici a circolazione d'aria, regolatori ad induzione per i convertitori, una batteria di booster per le batterie d'accumulatori, un gruppo equilibratore a corrente continua per il sistema a tre fili, i convertitori rotanti.

Nel quadro di distribuzione dobbiamo distinguere: apparecchi per il controllo dei feeder ad alta tensione, controllo dei feeder a bassa tensione, comando dei convertitori rotanti, comando delle batterie, strumenti indicatori registratori e sincronizzatori, sistemi di sbarre.

La corrente trifase a 6600 volt, 25 cicli, arriva agli interruttori ad alta tensione, da cui passa alle sbarre omnibus ad alta tensione ed attraverso ai commutatori, che permettono ai convertitori

di ricevere la corrente; da ciascuno dei feeder passa al primario dei trasformatori.

Ivi la tensione è abbassata a 180 volt, il secondario dei trasformatori è unito attraverso ai regolatori ad induzione all'armatura dei convertitori, dalle spazzole dei convertitori la corrente sale ai circuiti a bassa tensione dove commutatori permettono di inviarla ad una qualunque delle tre sbarre connesse ai feeder. La corrente continua proveniente dai convertitori è a 270 volt, mentre la tensione di servizio è a 240 volt.

I trasformatori sono a ventilazione forzata, ed hanno rispettivamente la potenza di 200, 400, 800 kwatt per fase per convertitori di 500, 1000 e 2000 kwatt. Senza riscaldamento eccessivo, i trasformatori possono funzionare col 25 per cento di sovraccarico per 3 ore, col 50 per cento di sovraccarico per un'ora Il rendimento del trasformatore di 400 kwatt è 99 per cento; e la sua regolazione 1 per cento.

I regolatori ad induzione permettono di regolare la tensione sulla corrente alternata tra 150 e 190 volt.

L'avvolgimento secondario unisce il secondario del trasformatore ad un anello collettore del convertitore, mentre le bobine primaria sono avvolte su un rotor, che per mezzo di un piccolo motore ad induzione, comandato dal quadro di distribuzione, può essere rotato di un certo angolo in ogni direzione. Questi regolatori hanno la capacità di 65 kwatt per convertitori di 400, e 130 kwatt per convertitori di 1000; sono ventilati con aria forzata.

I convertitori rotanti sono a 6 fasi della potenza di 500, 1000 e 2000 kwatt, essi convertono la corrente alternata a 300 volt, in corrente continua.

La velocità è per 500 kwatt di 375 giri, per 1000 kwatt di 187,5 giri; per 2000 kwatt di 115 giri. La capacità di sopraccarico di questi convertitori è del 25 per cento per 3 ore, del 50 per cento per 1 ora. Il rendimento è pel tipo da 500 del 95,75 per cento; di 1000 del 96,65 per cento; di 2000 del 97 per cento.

Le batterie d'accumulatori usate dalla Compagnia sono fornite dalla Cloride Storage Battery Company, di cui viene usato il tipo *H.*

Ciascun elemento contiene 29 celle ed è capace di scaricare 500 Amp. per 8 ore.

Le placche sono contenute in vasi di legno rivestiti di piombo, contenenti 370 kg. di acido, per cui il peso di ciascuna cella completa è di 1200 kg. Ogni batteria comprende 150 celle, 75 per polo.

Edison Electric Company Brooklyn.

Semplicemente per indicare come possano influire nell'esercizio delle centrali elettriche certe manifestazioni della vita pubblica della popolazione di una grande città americana, descriviamo sommariamente l'impianto di questa Compagnia che esercisce il servizio di illuminazione e potenza motrice del sobborgo di New York, molto maggiore alla città in area, per quanto inferiore in traffico e popolazione.

Nel 1890 la Compagnia subiva un carico di 6600 lampade di 16 candele, a cui si provvedeva con motori termici di 250 HP connessi con cinghie ai generatori elettrici. Attualmente il carico è superiore a 800,000 lampade alimentate a mala pena mediante 30,000 cavalli raccolti in due centrali.

Due altre grandi centrali a turbine a vapore sono in costruzione.

Le centrali, le sottostazioni, ed il sistema di distribuzione sono analoghi a quelli della New York Edison C., eccetto che la maggior parte delle linee è aerea per la minore densità di costruzione e di traffico.

Le sue condizioni di esercizio sono invece anormali.

Il massimo di carico è richiesto dalla centrale nel periodo estivo, e specialmente nello scorso anno questo fu raggiunto il giorno 4 luglio.

Questa anomalia è dovuta al fatto che in Brooklyn è compresa Coney Island; il grande luogo di divertimento estivo, che raccoglie ogni distrazione per i 4 milioni di cittadini di New York e dintorni, che pagano un largo tributo a questa mostruosa festa di suoni e di luce.

La illuminazione dei padiglioni, dei caroselli e di tutti i mezzi di divertimento che le concessioni esercitano ivi, è fantastica, e coi motori elettrici necessari ad animare tanti congegni richiede una potenza superiore agli 8000 kw.

Il diagramma annesso mostra quale parte abbia questo carico accidentale sul funzionamento della centrale della Compagnia.

Il sistema Edison a Chicago.

La città di Chicago ci dà modo di studiare un gruppo di centrali elettriche appartenenti a Compagnie diverse, le quali lavorano in parallelo, dirette da un'unica corporazione che riunisce insieme queste Società concorrenti. Alcuni anni or sono il mercato per la vendita dell'energia elettrica era sfruttato in Chicago da molte Compagnie, di cui erano importanti la Chicago Edison Company, la Chicago Arc Light and Power Company, e la Engle Wood Electricallight Company, oggidì rimangono due sole Compagnie, la Chicago Edison Company e la Commonwealth Electric Company.

Quest'ultima aveva conglobato in questi 6 anni tutte le altre Compagnie, e per la distribuzione dell'energia elettrica nel distretto che le apparteneva, riceveva dalla Chicago Edison Company una parte dell'energia; attualmente invece la Chicago Edison riceve dalla Commonwealth corrente ad alta tensione per convertirla e distribuirla. Il diagramma annesso mostra come dal 1888 al 1904 sia aumentato il carico delle centrali, ed in quali direzioni.

Nel 1897 incominciò la distribuzione a corrente alternata, a 25 cicli, generata nell'Harrison Street Station, dalla Chicago Edison Company, e fino dal 1904 questa quantità è venuta continuamente aumentando In generale lo schema di queste Compagnie è di generare la corrente a 9000 volt in grandi stazioni centrali, mediante potenti unità e di trasmetterla a sottostazioni a questo voltaggio.

Le sottostazioni destinate ai quartieri centrali forniscono il 50 per cento dell'energia elettrica come potenza motrice, di cui il 14 per cento per ascensori, ed il 21 per cento per potenza motrice generale.

Questa distribuzione è fatta a corrente continua mediante trasformatori e convertitori. Le batterie d'accumulatori hanno una capacità del 30 per cento della capacità totale dell'impianto.

La distribuzione nei quartieri di abitazione è fatta a 60 cicli ed a 2300, 4000 Volt. La parte di Chicago destinata agli affari è servita mediante il sistema Edison a tre fili, e conduttura sotterranea. La corrente è destinata ad illuminazione e potenza motrice.

La Edison serve 17,000 clienti, con 1,330,000 lampade, e 42,270 cavalli in motori elettrici.

La zona di distribuzione nella città di Chicago, fu divisa in 4 distretti alimentati da 4 stazioni, della capacità totale di 23,000 Kwatt, e 18 sottostazioni, munite di 18,000 Kwatt in convertitori rotanti, e 12,500 Kwatt in batterie. La zona alimentata dalla Edison riceve ancora 10,000 Kwatt dalla Fisk Street Station. A scopo di supplire ai massimi di carico, attualmente però la Chicago Edison Company mantiene una sola stazione, e si serve delle rimanenti come stazioni di trasformazione.

Il sistema di trasmissione della città di Chicago, ci fornisce un esempio notevolissimo di distribuzione a corrente alternata ad alta tensione, attraverso alla parte più densa della città, con ottime condizioni di funzionamento. I cavi ad alta tensione, della Chicago Edison Company, raggiungono tutte le sottostazioni, per vie sotterranee; il loro isolamento è tale che si crede possibile dai tecnici di quella Compagnia di raddoppiare il voltaggio di trasmissione.

La *Commonwealth Electric Company* che impiega lo stesso voltaggio e frequenza della Edison, funziona specialmente per fornire alla Edison buona parte della corrente per i clienti urbani ad alimentare tutti i consumatori sub-urbani, ed i distretti.

Il suo vasto territorio è alimentato mediante corrente alternata a 2300 - 2400 Volt, a 4 fili, 60 cicli, mediante linee aeree. Nella pianta annessa è indicato per le Compagnie l'ubicazione delle stazioni centrali e sottostazioni.

La distribuzione di una grande quantità di energia elettrica, fatta da due sole Compagnie che sono impegnate di sostenersi a vicenda, ha reso necessario un ufficio di distribuzione del carico sulle

varie centrali e sottostazioni. Questo ufficio che prende il nome di Load Dispatcher, regola, mediante diagrammi, e comandi telefonici, le distribuzioni della corrente per ogni punto della città.

Però, poichè le centrali elettriche non sono in grado di adattarsi con tutta la flessibilità necessaria alle variazioni di carico, venne fatta in questa città una larga applicazione delle batterie d'accumulatori. Il diagramma annesso mostra come queste batterie vengono a scaricare la centrale da punte di carico assai sensibili. Il 30 per cento del massimo carico dell'impianto, può essere sostenuto dalle batterie d'accumulatori durante un'ora. Queste batterie appartengono al tipo Chloride della Electric Storage Battery Company, ed i gruppi survoltatori appartengono alla General Electric Company.

La città di Chicago che è certo la più potente città del mondo in certi rami speciali del mercato, pur non avendo così grande numero di industrie commerciali come New York, ha la caratteristica di avere stabilimenti commerciali di grandissima potenza, quali certamente non si hanno in alcun altro mercato.

Questi enti, che spesso non sono altro che grandi magazzini di vendita al minuto, abbisognano per i loro servizi di una grande potenza elettrica che può essere in certi casi generata in modo autonomo dalla Ditta stessa, con vantaggio di sicurezza di servizio e di economia; tuttavia le due Compagnie elettriche che stiamo considerando hanno potuto col loro sistema dare una tale garanzia di sicurezza, e condizioni di vendita tali che pressochè tutte queste grandi unità commerciali vengono alimentate dalle loro stazioni centrali.

Uno dei più notevoli esempi dell'uso della corrente elettrica per forza motrice e per illuminazione in grande quantità da un solo cliente, è quello offerto dalla *Marshall Field & Company* che con un unico magazzino occupa 12,000 mq. richiedendo un carico di 3050 cavalli in motori, ed un equivalente in luce di 40,000 lampade da 16 candele. La Chicago Edison Company assunse l'impresa di questo impianto, e mediante una speciale sottostazione, provvede alla corrente per illuminazione elettrica, come per la potenza mo-

trice, che è pressochè totalmente impiegata per gli ascensori che raggiungono il numero di 46 per i passeggieri, e 10 per le merci, per i motori destinati alle pompe, per i compressori, per gli impianti refrigeranti, e per la distribuzione dell'acqua in tutto l'edificio.

Considereremo separatamente sotto l'aspetto tecnico le due Compagnie.

Chicago Edison Electric Company.

Relativamente a questa Compagnia diremo solo brevemente della Harrison Street Station, che, costrutta per servire alla generazione della corrente continua, venne man mano adattata alla generazione di corrente alternata, ad alto potenziale, e comprende ora anche gruppi convertitori per passare dall'una specie di corrente all'altra.

Il diagramma relativo al carico diurno di questa stazione indica come le sue condizioni di produzione di energia siano pressochè costanti. In questa centrale elettrica le macchine a corrente continua hanno una potenza complessiva di 6400 Kwatt, mentre le macchine a corrente alternata hanno una potenza di 3800 Kwatt. Queste macchine elettriche che rappresentano i varii stadi dell'industria elettrotecnica, indicano quanto fu rapido il divulgarsi delle applicazioni dell'elettromeccanica. I generatori elettrici sono direttamente accoppiati a motrici termiche, di cui due verticali a triplice espansione, tipo Edison General Electric Company, e 4 della Southwark Foundry della potenza di 1200 HP: queste macchine rappresentano tipi di 10 anni fa. Tra le motrici moderne dobbiamo citare una motrice di 3500 HP, verticale, Allis compound, a 75 giri, una seconda unità di 5000 HP dello stesso tipo; una motrice di 2500 HP della Allis-Chalmer; queste ultime motrici sono accoppiate a generatori di corrente alternata trifase, 25 cicli, 9000 Volt.

Il quadro di distribuzione occupa la galleria superiore della centrale e comprende: i vecchi quadri delle macchine corrente continua, controllanti i feeders a bassa tensione; la loro costruzione

mostra gli antichi tipi a controllo manuale. Le nuove sezioni del quadro per i generatori e feeder ad alta tensione, sono a congegni automatici. Le sbarre ad alte tensione e gli interruttori sono collocati in appositi locali e comandati a distanza dal quadro di distribuzione.

Le sottostazioni della Chicago Edison Company, in maggior parte stazioni convertitrici, appartengono al tipo Edison, e contengono ordinariamente convertitori rotanti, a sei fasi, di 500 o 1000 Kwatt, accoppiati a un trasformatore trifase a ventilazione forzata; la corrente continua è generata a 250 Volt. I trasformatori sono avvolti col sistema trifase a triangolo, sul primario, e sei fasi sul secondario.

Regolatori ad induzione a sei fasi sono inseriti tra i convertitori ed i trasformatori.

Tutti i convertitori ordinati sono muniti di limitatori di velocità di tipo centrifugo od elettrico, che si oppongono all'aumento della frequenza. La distribuzione a corrente continua, bassa tensione, è fatta col sistema a tre fili Edison, e sul quadro di distribuzione relativo, i conduttori negativi e positivi sono perfettamente separati, in modo che le sbarre positive occupano la parte superiore, e le negative la parte inferiore del quadro.

La parte posteriore del quadro è interamente accessibile, mentre la parte anteriore indica con chiarezza quali apparecchi di manovra appartengono al sistema a corrente continua e quali al sistema a corrente alternata. Ognuna di queste sottostazioni è munita di gru a ponte scorrevole per la manovra del macchinario.

Non ci è possibile di descrivere separatamente ciascuna di queste sottostazioni, che sono del tutto simili a quelle già studiate dalla New York Edison Company; faremo solo notare come è carattere generale della distribuzione di Chicago di mantenere un'esatta proporzione fra il macchinario rotante e le batterie d'accumulatori, e di variare il fattore di carico.

Il sistema di distribuzione a bassa tensione venne fatto inizialmente mediante il così detto tubo Edison, tubo di ferro contenente tre conduttori, collocato direttamente nel terreno, che serviva per

condurre i feeder dal quadro di distribuzioni delle sottostazioni alle scatole di alimentazione nelle vie e anche per formare le unioni di compensazione fra queste scatole, ma attualmente questo sistema è stato largamente sostituito da un sistema di cavi isolati in carta e rivestiti in piombo, adagiati in condotti di cemento che possono raccogliere fino a 24 di questi conduttori, in modo da formare dei blocchi parallelepipedi, che si distendono nella direzione delle vie della città, in speciali condotti sotterranei. Nei frequenti passaggi sotto i fiumi la Compagnia ha collocato dei tunnel a sezione ellittica coll'asse maggiore verticale, costrutti in calcestruzzo. La maglia di compensazione è mantenuta a potenziale costante di 117 Volt, mentre le lampade sono alimentate a 113 Volt. La rete a bassa tensione comprende 200 km. di distributori, e 100 km. di feeder.

Commonwealth Electric Company.

Questa Compagnia ha tre centrali elettriche: l'una di 18,000 kwatt, l'altra di 3000, ed un impianto termico sussidiario.

La prima di queste stazioni detta Fisk Street Station, rappresenta una delle più moderne stazioni centrali elettriche, a turbo generatori. Fu concetto direttivo di questa stazione di formare di ogni unità un gruppo indipendente, passante dal serbatoio del carbone al convogliatore, alla caldaia, alla motrice, al suo condensatore, all'alternatore ed alla sezione del quadro di distribuzione. Ogni inconveniente in una delle unità non avrebbe per nulla influito sulle altre.

Attualmente sono in funzionamento tre unità complete, turbo generatrici, sistema Curtis, mentre l'impianto completo comprenderà 14 di queste unità. Ogni batteria di caldaie comprende 8 caldaie Babcock e Wilcox, di 512 HP, munite di griglie automatiche e di convogliatori di carbone. Il combustibile è accumulato nel serbatoio superiore, e discende meccanicamente alla griglia. Ogni due batterie di caldaie sono munite di un camino in acciaio di m. 6 di diametro, dell'altezza di m. 75.

I turbo generatori della potenza di 5000 Kwatt, girando a 500 giri per minuto, forniscono corrente alternata trifase a 9000 Volt, tra gli estremi del sistema a triangolo. Le turbine a vapore sono munite di regolatori automatici che agiscono sopra le 36 valvole che dirigono il vapore agli ugelli. Pompe ad olio ed accumulatori mantengono nei perni la pressione necessaria per tenere sospeso tutto il sistema girante.

I condensatori sono collocati nella base inferiore del gruppo; ogni unità generatrice è munita di un gruppo eccitatore formato da un motore ad induzione accoppiato ad una dinamo a corrente continua; una batteria d'accumulatori funziona come riserva del sistema.

Il quadro di distribuzione rappresenta pure l'ultima espressione della tecnica americana a questo riguardo. Esso è diviso in due grandi sezioni: l'una comprendente gli apparecchi di misura; l'altra gli apparecchi di manovra. La prima sezione comprende tutti gli apparecchi di misura pei generatori e per i feeder, apparecchi sincronizzatori indicatori. Gli interruttori sulla bassa tensione sono nascosti nell'interno del tavolo del quadro, in modo da lasciare sporgere le sole manovelle, mentre gli interruttori ad alta tensione sono tutti comandati a distanza, con sistemi automatici. Ciascuna eccitatrice ha il proprio quadro di distribuzione collocato in prossimità dell'unità, mentre tutti gli apparecchi indicatori sono collocati in duplicato, in prossimità dell'unità generatrice a corrente alternata. I cavi ad alta tensione per mezzo di condutture speciali formate da cavi isolati in gomma, chiusi in condotti di creta vetrificata, com'è indicato nel diagramma annesso, raggiungono la galleria degli interruttori. Le sbarre sono nude, montate su isolatori di porcellana.

Le sottostazioni di questa Compagnia appartengono ancora al tipo ormai stabilito, fatta eccezione che, poichè per la distribuzione a corrente alternata conviene usare corrente a 60 cicli, sono necessari gruppi cambiatori di frequenza a campo magnetico rotante, la cui potenza varia da 500 a 1000 Kwatt, 25 cicli, costituiti da motori a 9000 Volt e 25 cicli, montati sullo stesso albero di un gene-

ratore a 2300-4000 trifase, 60 cicli. Sui feeder a 60 cicli sono collocati i regolatori.

L'avviamento di questi gruppi è fatto per mezzo di un compensatore comune a più macchine. Un sincronizzatore a doppio indice permette l'accoppiamento di più gruppi.

Gli interruttori sui due circuiti sono del tipo ad olio, comandati a mano. Le valvole di sicurezza sono sostituite da interruttori automatici.

Organizzazione finanziaria del sistema.

Per quanto le due Compagnie considerate siano corporazioni distinte, per ciò che riguarda l'organizzazione finanziaria, amministrazione e zone sfruttate, contratti ed operazioni finanziarie, tuttavia i capi dipartimenti ed il personale direttivo occupano la stessa posizione nelle due Compagnie, e gli uffici generali sono in comune.

Gli uffici sono divisi in tre distretti, collocati in tre quartieri diversi della città, e diretto ciascuno da un sopraintendente di distretto, che ha la diretta sorveglianza di tutto il personale lavorante in quel distretto. Tutte le trattative coi clienti, relative alle sottostazioni, reclami, affari commerciali, sono di competenza del sopraintendente del distretto, mentre tutte le questioni relative alla ricerca di nuovi affari, ed in generale tutte le questioni che interessano ambe le Compagnie, devono venire ai capi dipartimenti, e decise in un Consiglio.

Un Consiglio, di circa 70 persone, provvede alla compilazione dei contratti per la vendita dell'energia.

La vendita dell'energia è fatta in modo diverso, a seconda dell'ufficio a cui è destinata. L'elettricità è venduta, per luce ad incandescenza a contatore, al prezzo di L. 1 per kilowatt-ora, usando indicatori di massima Wright. Questo prezzo si riduce a 50 centesimi per le ore superanti le 30 ore al mese. La corrente elettrica come potenza motrice è venduta pure a contatore, a base di massima, con un prezzo iniziale di 50 centesimi per kilowatt-ora. Considerevoli

consumi per lampade ad arco e per insegne luminose vengono caricati di un minimo prezzo, essendo però controllati dagl'impiegati della Compagnia.

Le due Compagnie forniscono gratuitamente le lampade elettriche, sia di primo impianto che di ricambio: così le lampade ad arco e le insegne luminose. I contratti, sono prima sottomessi al Consiglio dipartimentale per la approvazione. Dopo questa, sono mandati gli ordini all'ispettore dipartimentale che provvede alla connessione, trasmettendone l'incarico al dipartimento delle linee e del servizio, ed al dipartimento dei contatori, per provvedere all'impianto.

Dopo l'approvazione dell'impianto fatto dal dipartimento dell'ispettorato, avvisa il dipartimento dell'esercizio di collocare i contatori e le lampade, e di mandare la corrente; quest'ultimo, dopo avere eseguito gli ordini, ne manda avviso, attraverso tutti i vari dipartimenti, al dipartimento contabile, in cui è aperto il conto del nuovo cliente.

Le costruzioni di tutte le stazioni e sottostazioni e la sorveglianza ed i rapporti relativi, dipendono da un reparto tecnico. La Compagnia ha il monopolio di tutti gli impianti elettrici nella città.

Questa unione, formata dalle due massime Compagnie di Chicago, ha eliminata ogni concorrenza, ha condotto ad un enorme aumento di consumo di energia elettrica nella città, poichè negli ultimi sei anni è aumentato, da 600,000 lampade a 16 candele (calcolate come equivalente di forza), ad un carico di 2,000,000 delle stesse lampade ad incandescenza.

La Compagnia Edison di Filadelfia.

La città di Filadelfia comprende un'area di 129 miglia quadrate, e la distribuzione dell'energia elettrica nelle vie, quartieri, era fatta da 26 Compagnie elettriche diverse.

Ciascuna Compagnia ora operante in una zona ben determinata, in modo da impedire la fusione dell'organizzazione delle Compagnie.

La distribuzione di corrente fatta da queste varie Compagnie

includeva pressochè tutti i sistemi usati nella pratica: corrente continua a 500 volt, due fili; 110 volt, due fili; 220 volt, tre fili; corrente alternata monofase, bifase, trifase, frequenza variabile da 60, 66, 125, 133, e voltaggio tra 1000, 1200, 2000, 2400 volt.

Il numero totale dei clienti di queste varie Compagnie era superiore a 13,700, usando 13,973 lampade ad arco in serie, 3758 lampade ad arco in parallelo, 16,000 cavalli in motori, 494,000 lampade ad incandescenza.

L'equivalente del carico totale in lampade da 16 candele era di 878,000.

Il numero di kwattora prodotto in un anno da queste varie stazioni era di 59,405,970. Quando si impose la necessità di riunire in una sola tutte queste centrali, con grande vantaggio commerciale, si sentì la necessità di regolare tutti questi elementi così disparati in modo da formare una distribuzione unica. Dopo uno studio accurato della situazione, venne stabilito di adottare la corrente alternata bifase a 60 cicli nelle linee primarie per l'alimentazione delle sottostazioni, ed il sistema a corrente continua, 220 volt a tre fili, per la distribuzione nelle regioni più dense della città.

Questo sistema semplificava la stazione generatrice e le sottostazioni di trasformazione.

Tutti i circuiti primarii vennero stabiliti a potenziale di 2400 volt, ed il secondario al potenziale di 110. La stazione generatrice generava corrente a 5500 volt.

La stazione generatrice venne scelta sulle sponde del Schuglkill ad una distanza dal centro del carico di 5 km.

Venne costrutta a sezioni in modo da poter subire gli ingrandimenti necessari allo sviluppo delle applicazioni dell'elettricità. Anche per questa centrale venne, per tale motivo, scelta la disposizione a sezioni, con unità indipendenti. La stazione generatrice consiste in due edifici, l'uno comprendente il locale caldaie, e l'altro la sala delle motrici, con una serie di gallerie e di quadri di distribuzione.

Il camino venne collocato esternamente all'edificio. Venne deciso di adottare le unità generatrici più potenti che fosse possibile

ottenere sul mercato a quell'epoca, vennero perciò installati alternatori di 5000 kilowatt, bifasi, a campo rotante, a 6600 volt, con eccitatrici formate da gruppi di motori ad induzione e dinamo elettriche, con riserva in un gruppo termico.

La unità di 2000 kilowatt che venne installata per la prima è accoppiata a motrice verticale Tandem Compound Wetherill, mentre le unità di 5000 kilowatt sono accoppiate ad una motrice mista verticale ed orizzontale compound, costrutta dalla Allis Chalmer.

La disposizione del quadro di distribuzione è in tre sezioni: prima: interruttori automatici di manovra; seconda: interruttori di riserva posti in serie con i primi; terza: interuttori ad olio che possono inserire i generatori all'uno od all'altro sistema di sbarre.

Le sbarre sono ancora munite di taglia circuiti, in modo da isolare ogni compartimento in riparazione.

Tutti gli interruttori sono comandati a distanza, e sono del tipo ormai citato della General Electric Company.

Nel reparto posteriore agli interruttori sono contenuti i trasformatori di misura.

Il compartimento dei trasformatori di misura contiene due trasformatori in serie ed un trasformatore di potenziale.

Le carcasse di tutti i trasformatori sono messe a terra mediante conduttori di rame.

Il trasformatore di tensione è unico ed ha la potenza di 600 kilowatt e provvede l'energia delle lampade piloti e per tutti gli strumenti indicatori e registratori.

Boston Edison Electric Illuminating Company.

Nella città di Boston la corporazione delle Compagnie Edison ha da qualche tempo avocato a sè tutte le piccole centrali elettriche che si occupavano della distribuzione della energia a scopo di potenza e di illuminazione.

Nella città di Boston, situata al nord del continente americano, in una regione alquanto lontana dai giacimenti carboni-

feri che possono raggiungerla solo per via di terra, il combustibile ha un prezzo maggiore che non in altri centri.

Questo elemento ha contribuito a condurre alla sostituzione di grandi centrali consumanti combustibile, nelle migliori condizioni di rendimento, alle piccole stazioni, obbligate a piccole unità motrici.

Questa circostanza che riconosciamo ripetuta in molte altre città americane, ha condotto alla costruzione di stazioni centrali ubicate nel luogo più conveniente per il fornimento del combustibile o per i prezzi dei terreni, quali in prossimità dei fiumi, ed ha condotto inevitabilmente alla generazione della corrente, sotto forma di corrente alternata ad alta tensione, che viene poi distribuita alle sottostazioni, che la convertono in corrente continua, secondo il sistema Edison, pressochè inalterato nei quartieri più popolati della città.

Come già nella città di Filadelfia, così nella città di Boston, quando la Compagnia Edison si propose di ridurre ad un solo i molti sistemi che si logoravano in concorrenza tecnica e finanziaria, dovette studiare un tipo di distribuzione che pur non alterando in modo sostanziale il carattere delle distribuzioni delle centrali preesistenti, desse luogo ad un'unica stazione generatrice, e ad un unico sistema di distribuzione.

La " Edison Electric Illuminating Company of Boston „ che si era costituita nel 1885 con un capitale di 100,000 dollari ed aveva costruito una delle prime stazioni centrali elettriche per illuminazione, ha assorbito tutte le altre Compagnie che erano sorte in seguito, ed oggidì raggiunge la capacità di 13 Compagnie preesistenti, funzionante con 26 stazioni centrali indipendenti, e rappresentanti un capitale di 8,635,500 dollari.

La distribuzione attuale che copre un'area di 290 miglia quadrate, si può dividere in due grandi sezioni: la parte centrale che è alimentata dal sistema Edison a bassa tensione, a scopo di illuminazione e di potenza motrice, e la zona esterna alimentata a corrente alternata ad alta tensione. Alimentano queste due zone due centrali distinte.

Gli impianti Edison a bassa tensione hanno una capacità di 12,000 Kwatt colla riserva di una batteria d'accumulatori della capacità di 1456 Kwatt-ora. In questa zona si hanno ancora delle sottostazioni che sono alimentate dall'impianto a corrente alternata, e servono a equilibrare tutto il sistema a bassa tensione mediante convertitori rotanti, nel caso di massimi di carico.

L'impianto a corrente alternata ad alta tensione che alimenta queste sottostazioni e la zona esterna, ha una capacità di 10,500 Kwatt, con generatori trifasi a 60 cicli, 2300 Volt e 1500 Kwatt.

Accanto a questo impianto sta però sorgendo un impianto moderno di grande potenza, munito esclusivamente di turbine a vapore, cui dobbiamo rivolgere il nostro studio.

La stazione avrà 12 unità di 5000 Kwatt ciascuna, due delle quali sono attualmente montate. Come nelle altre stazioni centrali, l'edificio è costrutto in acciaio, a prova incendio. Il carattere che abbiamo riconosciuto comune a molte stazioni centrali di formare gruppi autonomi elettrogeneratori non è stato rigidamente seguito e in questa nuova centrale, in cui troviamo le 12 unità divise in tre gruppi di 4 unità ciascuna. Questi tre gruppi sono interamente separati e sono alimentati mediante speciali condotture pel vapore, per l'acqua di scarico, percorrenti condotti sotterranei all'edificio.

Il locale caldaie è diviso in sezioni corrispondenti al numero necessario per alimentare ciascuna turbina, le caldaie sono collocate in modo da dar luogo ad una corsia normale al locale delle turbine.

Le caldaie sono sollevate di un piano rispetto alle turbine, ed il locale delle ceneri è invece allo stesso piano di queste. Le caldaie sono ancora alimentate meccanicamente ed automaticamente mediante serbatoi collocati sulla parte superiore dell'edificio e dispositivi meccanici di convogliamento del carbone.

Il quadro di distribuzione, che occupa un intero edificio, collocato tra la stazione vecchia e la nuova, è a tre piani. Il primo contiene i punti d'arrivo dei cavi ed è diviso in 44 scomparti longitudinali, il secondo piano è occupato dalle sbarre *omnibus* ed il

terzo dagli interruttori ad olio ad alta tensione. Un quarto piano porta le tavole degli apparecchi di misura e degli apparecchi di controllo indiretto.

A questo quadro accede soltanto la corrente a bassa tensione,

L'area totale di questo edificio è di 160,000 piedi quadrati, corrispondenti a 2. 66 piedi quadrati per KW.

Riconoscemmo come la New York Edison Company abbia una area di 0,96 piedi quadrati, e la Metropolitan Elevated Railway di New York 1,27 piedi quadrati per KW di potenza.

La Compagnia si è pure preoccupata di avere un gran serbatoio per raccogliere masse enormi di combustibile allo scopo di proteggersi dalle oscillazioni del mercato. Da questi serbatoi il carbone è elevato mediante ascensori idraulici sul tetto dell'edificio e da questo mediante cinghie senza fine agli alimentatori meccanici.

Le caldaie sono del tipo Babcock & Wilcox di 512 HP ciascuna. Le turbine appartengono al tipo Curtis della General Electric Company, con condensatori installati nella loro base.

Il generatore elettrico è trifase, a 60 cicli, a campo magnetico rotante, per 6900 Volt. Questo numero è stato scelto come multiplo di 115 Volt, che corrisponde alla tensione di distribuzione per i servizi di illuminazione e di potenza motrice. Il numero dei giri delle turbine è 514. I supporti delle turbine sono a pressione d'olio, fornito da speciali pompe.

Quale particolare interessante del piano di distribuzione, dobbiamo accennare che le sbarre sono d'alluminio, gli interruttori ad olio sono del tipo a motore, e permettono la connessione dei feeder e dei generatori su due sistemi in parallelo.

La eccitazione dei generatori è fatta a 125 Volt per mezzo di gruppi motori generatori e una batteria d'accumulatori di 1000 Ampèrore di capacità. Le linee esterne sono in alluminio; il punto più lontano del centro è alla distanza di 27 miglia (1).

(1) Le sottostazioni a 2300 volt possono ora ricevere corrente a 6500 volt per mezzo di una seconda serie di trasformatori e potranno ancora ricevere corrente a 15,000 volt, essendo la linea isolata per questo potenziale.

Il provento lordo della Compagnia nel 1904 fu di dollari 3,125,516.

Diagrammi illustrano la attuale potenzialità dell'impianto e forniscono indicazione sulla natura del carico e del suo incremento dalla data della fondazione della Compagnia.

CAPITOLO VI.

IL SISTEMA DELLE ELEVATED RAILWAYS.

La presente relazione dedicata allo studio delle centrali elettriche americane, deve pure esaminare quelle destinate ai servizi di trazione, per quanto possano invece far parte di una relazione sulle ferrovie elettriche americane.

Le centrali elettriche che producono la energia per le ferrovie elevate si possono pure riunire in un sistema che è compreso nella categoria delle centrali termiche, perchè presentano caratteri comuni, e nei particolari della loro tecnica dànno luogo a speciali considerazioni.

Queste centrali aventi grande potenza, poichè le reti di ferrovie elevate nelle grandi città si sono estese molto ed hanno un traffico enorme, generano corrente alternata ad alta tensione per alimentare sottostazioni che convertono la corrente alternata in corrente continua (600 Volt).

Il sistema generalmente adottato per le Elevated è a corrente continua a terza rotaia; mentre attualmente si sta già pensando ad adottare il sistema monofase con corrente alternata ad alta tensione.

Interborough Rapid Transit Company.

Questa grande Compagnia ha l'esercizio delle ferrovie elevate, che percorrono la città di New York.

I treni delle ferrovie elevate erano fino al 1902 trascinati da locomotive termiche, ma in quell'anno per il grande aumento di traffico, la maggiore economia e regolarità di servizio a cui avrebbe condotto la trazione elettrica, questa che aveva già dato a Chicago ottimi risultati su quelle ferrovie elevate, venne sostituita alla trazione a vapore.

Il traffico relativo ai passeggeri durante il 1903, primo anno in cui l'esercizio fu condotto interamente colla corrente elettrica, fu superiore del 30 per cento di quello dell'anno precedente, mentre il costo dell'esercizio fu appena il 45 per cento delle entrate lorde, in confronto del 55 per cento dell'anno precedente.

Attualmente il materiale mobile è di 1500 automotrici, e di queste, durante i massimi carichi, 1332 sono in servizio.

Sono trasportati in media 850,000 passeggeri ogni giorno, raggiungendo un massimo di 1,063,000 passeggeri in occasioni speciali.

La potenza elettrica necessaria per il comando dell'intero sistema è generata in una stazione, collocata centralmente fra la 74ª e la 75ª strada, da cui la corrente alternata si distribuisce al potenziale di 11,000 Volt alle sottostazioni che la abbassano di potenziale, e per mezzo di convertitori rotanti la convertono in corrente continua a 625 Volt; potenziale di alimentazione della terza rotaia delle linee.

Come le altre di New York la centrale è termica, sorge nel centro della città con un grande edificio in muratura e acciaio rivestito di granito, occupando l'area di 60 metri $\times$ 120 metri.

Il macchinario è stato diviso in otto unità distinte, comprendenti ciascuna un gruppo motore, quattro batterie di caldaie e una pompa di alimentazione.

Questa disposizione di unità indipendenti che troviamo ripetuta in molte centrali americane, semplifica la costruzione della centrale, che può essere progressiva, e introduce elementi di maggiore sicurezza nell'esercizio.

Le motrici in numero di otto, sono di costruzione Allis-Chalmer, della potenza di 8000 cavalli, a cilindro ad alta pressione orizzon-

tale, e cilindro a bassa pressione verticale, allo scopo di vincere i punti morti ed ottenere un movimento di rotazione più uniforme.

Il diametro dei due cilindri è 112 e 224 mm. e la loro corsa 180 mm.; la velocità di rotazione 75 giri al 1′. Il sistema di valvole e di loro regolazione è del tipo Reynold Corlis automatico, con regolatore a forza centrifuga. A 12 atmosfere il consumo di vapore, per una potenza di 8000 HP a 75 giri è di 15 kg. di vapore per cavallo ora.

I condensatori del tipo barometrico sono alimentati da una pompa centrifuga della capacità di 33,800 litri per 1′, che aspira l'acqua del fiume attraverso un canale sotterraneo diretto secondo là 74ª strada.

L'equipaggiamento delle caldaie è formato da 64 caldaie Babcock e Wilcox a tubi d'acqua orizzontali, della capacità di 520 HP ognuna.

L'edificio caldaie è a due piani, e le caldaie sono disposte in due batterie coi focolari rivolti verso corridoi longitudinali, destinati al personale di manutenzione.

Ogni gruppo destinato ad una motrice è formato da 8 caldaie, 4 per ogni piano.

Le griglie sono a sistema automatico Roney destinate a antracite, ovvero a carbone bituminoso. Il carbone è diretto ai focolare mediante tubi in ferro provenienti dai depositi occupanti la parte superiore dell'edificio.

Ogni gruppo di due caldaie è munito di un economizzatore per scaldare l'acqua di alimentazione. Il tiraggio dei camini è provocato artificialmente mediante ventilatori.

Le pompe di alimentazione sono in numero di 8 della capacità di 360 galloni, e della potenza di 65 cavalli, forniti di un motore a corrente continua. Le tubazioni di distribuzione del vapore, sono disposte ad anello per cui è possibile alimentare ognuna delle motrici mediante due condutture diverse.

Il consumo medio di carbone giornaliero è nei mesi invernali di 700 tonnellate al giorno. Questo combustibile è trasportato per mezzo di barconi da cui è sollevato con gru e portato ai frantoj, che

ridottolo a dimensione conveniente lo scaricano su un elevatore, per trasportarlo nei silos collocati nella parte superiore dell'edificio.

Gli 8 alternatori Westinghouse accoppiati direttamente alle motrici, prendono posto tra le più potenti unità mai costrutte. La capacità di ciascuno di essi è di 5000 Kwatt, carico normale, mentre in condizione di sopraccarico possono tollerare per due ore un carico superiore del 50 per cento con un aumento di temperatura non superiore ai 55° C.

Il diagramma allegato fa vedere come nelle ore di massimo carico, gli 8 alternatori forniscono alla linea 47,000 Kwatt in condizione di sopraccarico, per un tempo sufficientemente lungo.

In queste ore per fornire il carico eccedente questo limite si ricorre alla centrale della Metropolitan Street Railway Company. Le unità vennero costrutte della potenza di 5000 Kwatt per provvedere rapidamente agli aumenti di carico colla loro successiva inserzione. Nelle prime ore del mattino dalle 4 alle 6. 30 il carico sale da 5000 a 40,000 Kwatt, e durante questo periodo le unità vengono inserite successivamente ogni 20 minuti.

Il diametro della armatura esterna di questi alternatori è di m. 12. 50, la sua corona è fusa in sei parti. La corrente generata è trifase a 3000 alternazioni, corrispondenti a 25 cicli.La corrente di fase a carico non induttivo è 263 Ampères, la tensione 11,000 Volt. Il campo magnetico rotante è formato da 40 poli assicurati sul volante della motrice, che ha il diametro di metri 7. 50 ed il peso di 185 Kg.

La costruzione di questi alternatori in condizioni così speciali di potenza è assai interessante, ma la sua descrizione e discussione non può trovar posto in questa relazione, dedicata più alle centrali elettriche che non alle costruzioni elettromeccaniche.

Il rendimento dei generatori, determinato in officina, è 96. 68 per cento a metà carico, 97. 97, a pieno carico, e 98. 15 per cento a sopraccarico.

Le unità eccitatrici hanno la potenza di 250 Kwatt, ovvero 1000 Ampères a 250 Volt, e sono direttamente accoppiate a motrici tandem compound.

Il quadro di distribuzione sorge sulla parete che divide la sala motrice dal locale caldaie.

La sua costruzione è a due piani: la galleria superiore contiene i pannelli dei feeders, coi relativi apparecchi di manovra e controllo, e sbarre omnibus; la galleria superiore contiene gli interruttori ad olio degli alternatori, ed i relativi apparecchi di manovra.

Gli interruttori automatici ad alta tensione sono del tipo " H „ della General Electric Company, che anche in condizioni di sopraccarico, possono agire su circuiti a 11,000 Volt.

Ciascun generatore è munito di interruttore ad olio con relais a tempo, che ne produce la apertura dopo il passaggio per tre secondi di una corrente tre volte maggiore della normale, e che può invertire la corrente di linea dopo il passaggio per tre secondi di una intensità corrispondente ai sei decimi della normale.

Da questi interruttori a tempo la corrente generata dagli alternatori va alle sbarre omnibus, passando ancora attraverso a due interruttori ad alta tensione, senza relais automatici.

Le sbarre sono formate di rame trafilato della sezione di 500 mmq., e isolate con uno strato di gomma di 9/32 di pollice. Queste sbarre sono sostenute da isolatori a 4000 Volt.

I cavi dei feeder che alimentano le sottostazioni si diramano dalle rispettive sbarre omnibus, collocate sulla galleria superiore del quadro, divise in due gruppi, e munite di due interruttori ad olio per 800 Ampères.

Ciascun feeder è connesso alle sbarre mediante un interruttore ad olio da 300 Ampères, provvisto di relais a tempo, capace di aprire il circuito, dopo due secondi, per una intensità di corrente di 300 Ampères.

In tutti questi interruttori ad olio, ciascuna fase del circuito è isolata in un compartimento in muratura, e l'interruttore stesso è diviso in tre sezioni, comandate simultaneamente da molle compresse da un motore che è posto in azione mediante un piccolo interruttore collocato sul quadro di manovra.

Ciascun alternatore è munito di tre amperometri orizzontali, un voltimetro, wattimetro indicatore, un indicatore di fattore di potenza, ed un contatore wattimetro.

L'indicatore di sincronismo può essere messo in connessione coi successivi alternatori per mezzo di spine commutatrici; è criterio generale della tecnica americana delle centrali di abbandonare i sistemi sincronizzatori a lampade per adottare sincronizzatori a indice, di funzionamento più sicuro e indicazioni più esatte.

Finchè i due alternatori non hanno raggiunto la stessa velocità, l'indice dell'apparecchio oscilla indicando in quale senso varia la velocità; quando l'alternatore da accoppiare è in fase col resto del sistema, la lancetta si arresta nella posizione centrale, indicando il sincronismo.

Ciascun riparto dei feeder è munito di tre amperimetri, uno per fase.

L'illuminazione del salone motrici è ottenuta mediante 1500 lampade ad incandescenza da 16 candele, la illuminazione del locale caldaie con lampade ad arco.

La energia elettrica è distribuita a 7 sottostazioni mediante cavi trifasi collocati in condotti sotterranei.

La massima lunghezza di questi feeder è 8 chilometri, ed il numero totale di chilometri di cavi installati è 250.

Ciascun cavo contiene tre conduttori di rame trafilato, ciascuno dei quali isolato con 7/32 di pollice di carta impregnata di vernice isolante. I tre conduttori sono legati insieme con juta e circondati da un rivestimento di 7/32 di pollice di carta, coperti poi da un foglio di piombo dello spessore di 9″/64.

La resistenza di isolamento è di circa 50 megohm per miglia, a 60° Fahrenheit. Prima di uscire dallo stabilimento di fabbricazione, ogni sezione di cavo è provata a 30,000 Volt, durante 30 minuti, tra ognuno dei conduttori, o tra ognuno dei conduttori ed il rivestimento in piombo.

I condotti per i cavi sono in creta vetrificata, e sono deposti sopra uno strato di cemento dello spessore di 10 centimetri, che a guisa di scatola parallelepipeda avvolge tutto il condotto, che è ancora circondato da uno strato di tavole.

Le sottostazioni in numero di 7 sono costrutte secondo un tipo unico. I convertitori rotanti occupano il primo piano di un salone

completamente circondato da gallerie occupate dai quadri di distribuzione e dai trasformatori.

In ciascuna sottostazione sono installati 6 convertitori rotanti Westinghouse, di 1500 Kwatt, a 12 poli e 250 giri, su un circuito trifase a 25 periodi.

Ciascun convertitore ha una potenza normale di 1500 Kwatt, corrispondenti a 2400 Ampères e 625 Volt sulla corrente continua, e 2350 Ampères e 390 Volt per fase sulla corrente alternata.

Il rendimento dei convertitori è del 93.5 per cento a metà carico, 95. 75 per cento a pieno carico, e 96 per cento a 25 per cento di sopraccarico.

I campi dei convertitori sono provvisti di avvolgimenti di eccitazione in serie ed in parallelo, ma sono inseriti i soli avvolgimenti in parallelo, ritenendosi inutile il compoundaggio per la regolarità di funzionamento.

L'avviamento è ottenuto per mezzo di gruppi motori generatori, che per mezzo della corrente continua possono avviare i convertitori rotanti, fino a portarli a sincronismo; quando l'indicatore di sincronismo indica essere raggiunto questo punto, vengono chiusi gli interruttori sul circuito a corrente alternata e la macchina funziona regolarmente.

I convertitori sono alimentati a 390 Volt da trasformatori riduttori che ricevono nel primario la corrente ad 11,000 Volt dai feeder.

Questi trasformatori sono a ventilazione forzata, con ventilatori comandati da motori elettrici. Il loro rendimento è 97 per cento a metà carico, 97. 75 a pieno carico e 97. 70 al 25 per cento di sopraccarico.

Gli interruttori sono ad olio automatici e relais a tempo invertitori.

Questi interruttori sono connessi a gruppi di tre sbarre con taglia circuiti a coltello, in modo da operare in parallelo od individualmente.

Ogni convertitore si attacca alle sbarre attraverso ad un interruttore automatico ad olio a comando a distanza.

Interborough Rapid Transit Company Subway division.

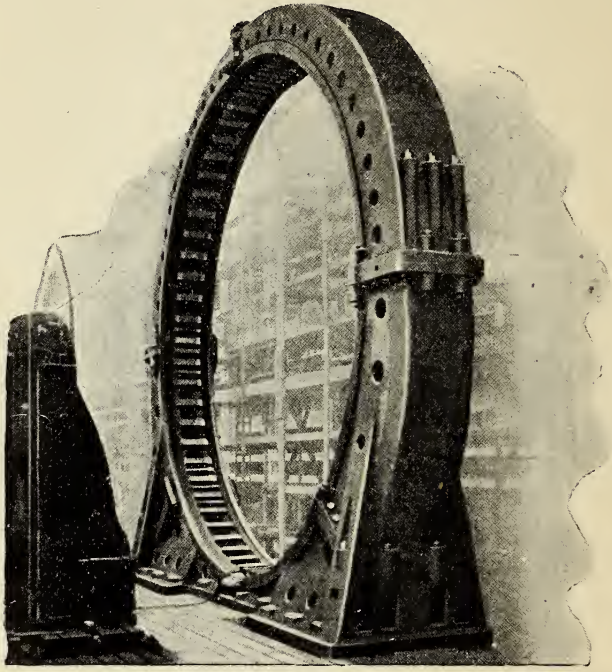


Fig. 28. — *Indotto di alternatore.*

Il quadro a corrente continua porta le sole sbarre positive, essendo le negative connesse alle rotaie, con un pannello per ogni convertitore rotante, e per ogni feeder cogli apparecchi necessari di controllo e manovra.

I feeder a corrente continua vanno ad alimentare la terza rotaia di contatto, che conduce la corrente alle automotrici; il ritorno avviene per le rotaie.

La Interborough Rapid Transit Company Subway Division.

L'espressione più moderna di centrale elettrica termica ci è offerta nell'impianto per l'esercizio delle ferrovie sotterranee di New York, che si sono aperte nel dicembre del 1904.

La rete delle ferrovie sotterranee di New York comprende una linea a quattro binari dalla City Hall fino alla 96ª strada, con una lunghezza di 6. 71 miglia; una seconda linea sul lato ovest della città a tre binari della lunghezza di 3. 85 miglia ed una linea di tre miglia e due binari; e ancora sul lato est della città 2. 89 miglia di linea a tre binari e 4. 24 miglia di costruzione a due binari formando un totale di 20. 69 miglia, di cui 10. 6 sotterranee a colonne in acciaio sostenenti le strade, 4. 5 miglia formate da archi in cemento, 5 miglia a struttura elevata.

Quest'ultima costruzione venne usata solo ai capi linea, e dove la necessità del terreno lo impose.

Il servizio viene fatto da treni ordinari di 5 carri, distanziati di un minuto l'uno dall'altro alla velocità di 14 miglia all'ora, e da treni espressi di 8 carri, che si fermano solo in corrispondenza delle arterie principali e che si seguono coll'intervallo di due minuti.

I due servizi insieme richiedono circa 700 carrozzoni, ed il massimo di potenza richiesto quando tutti i treni sono in esercizio è di 52,300 kilowatt.

La centrale destinata alla produzione di questa energia è collocata vicino al Nord River tra la 50ª e 59ª strada, ed ha circa 60 metri

di larghezza e 200 di lunghezza. Attualmente la centrale è completamente installata, fatta eccezione di due gruppi motori generatori. La centrale è destinata a contenere 11 alternatori di 5000 kilowatt, accoppiati a motrici a cilindro, e 4 alternatori di 1250 Kwatt accoppiati a turbine a vapore per la generazione della corrente per la illuminazione delle gallerie.

La struttura generale di questa centrale è a due grandi gallerie, una destinata alle motrici, l'altra alle caldaie, e l'ordinamento generale del macchinario è la divisione in sei gruppi, ciascuno consistente in una batteria di 12 caldaie e 2 motrici.

Questa centrale differisce dalle centrali già studiate di New York, inquantochè le caldaie sono tutte collocate allo stesso piano in doppia fila, che lascia una corsia centrale per i fuochisti. L'impianto caldaie consiste in 60 caldaie orizzontali a tubi d'acqna Babcock e Willcox, aventi ciascuna una superficie di riscaldamento di 1800 metri quadrati.

Le prime 36 caldaie hanno le graticole alimentate a mano e sono munite di alimentatori automatici; ciascuna caldaia ha una superficie di graticola di 9 mq. Una galleria è costrutta lungo la fronte delle caldaie, a circa 3 metri dal suolo, per la sorveglianza e pulizia dei tubi. Il carbone è scaricato dalle barche mediante gru mobili su rotaie, che lo trasportano in convogliatori alle bilancie di pesatura e frantoi. Di qui un convogliatore a cinghia trasporta i combustibili attraverso ad un tunnel sotto la 58ª strada all'estremità ovest della centrale, ove il carbone è sollevato alla sommità di serbatoi che occupano il tetto dell'edificio.

Questi serbatoi hanno una capacità di 18,000 tonnellate e sono costrutti in acciaio e cemento armato. Da questi serbatoi il carbone scende mediante tubi in vagoncini che distribuiscono alle varie caldaie il combustibile. Le ceneri scacciate dalle graticole vanno a cadere in vagoncini trascinati da locomotive elettriche e vengono trasportate mediante convogliatori ai barconi; tutto il macchinario necessario per la distribuzione del carbone e delle ceneri è mosso elettricamente.

L'acqua di alimentazione passa attraverso a 20 economizzatori

collocati sopra le caldaie. Le pompe di alimentazione sono verticali *compound*, e sono collocate nella parete di divisione fra le due grandi gallerie.

Il tiraggio dei camini è ottenuto mediante 20 ventilatori, comandati ciascuno da una motrice termica di 51 cavalli.

Le 9 motrici termiche Allis Chalmers sono dello stesso tipo della centrale delle stazioni elevate, a cilindri ad alta pressione orizzontali e cilindri a bassa pressione verticali; ciascuna motrice ha la potenza di 7500 cavalli in condizioni di massimo rendimento a 75 giri per minuto.

Il consumo di garanzia di vapore è di 6 kg. di vapore secco per cavallo a vapore-ora. Ciascuna motrice è munita di un sistema di condensazione indipendente, consistente in una pompa verticale per la circolazione dell'acqua, una per la circolazione dell'aria, e due coni di condensazione.

I condensatori sono del tipo barometrico.

Gli alternatori sono trifasi fornenti corrente a 23 cicli e 11,000 Volt; essi hanno l'altezza di circa 13 metri, il diametro del rotore di circa 9. 60, il suo peso 165 tonnellate, mentre il peso complessivo della macchina è di 445 tonnellate. È da notare come qui abbiamo l'esempio di alternatore il cui rotore funziona da volano. La costruzione del rotore, che ha una grande velocità periferica, è quindi del tutto speciale. La corona polare e sopportata da un disco d'acciaio laminato e si sostituisce alle razze. I poli sono in numero di 40 e sono della costruzione della Westinghouse, a poli e giogo laminato, colle giunzioni in corrispondenza della mezzeria del polo. Le bobine di eccitazione sono formate da bandelle di rame avvolte di costa. L'armatura stazionaria esterna è laminata e sostenuta da una carcassa in ghisa, divisa in 6 parti, di cui la superiore ha forma di concio, e può essere levata per l'esame ed esportazione di qualunque dei poli.

L'avvolgimento dell'armatura è formato da sbarre di rame ad U in fori semichiusi, vi sono tre sbarre per foro e tre fori per fase e per polo.

Le garanzie di questi generatori sono: il rendimento a carico

non induttivo dev'essere 90. 5 per cento a 1/4 di carico, 94. 75 per cento a mezzo carico, 96. 25 per cento a 3/4 di carico, 97 per cento a pieno carico. L'aumento di temperatura non dev'essere superiore ai 35° dopo 24 ore di funzionamento.

Le eccitatrici per i campi degli alternatori, per generare la corrente necessaria agli apparecchi ausiliari, sono fornite da 5 dinamo a corrente continua di 250 Kwatt. Due di queste sono mosse da motrici di 400 cavalli tipo Marina, mentre le altre tre sono accoppiate a motori ad induzione di 365 cavalli.

Una batteria d'accumulatori, capace di fornire 3000 Ampère durante un'ora, è usata come riserva. Le 5 dinamo, mediante apparecchi di commutazione, possono essere connesse o ai circuiti di eccitazione, od a quelli per i motori ausiliari.

Il quadro di distribuzione è formato da due serie indipendenti di sbarre omnibus; le connessioni sono tali che ciascun alternatore e ciascun feeder può essere unito a qualunque dei due sistemi. Dallo alternatore la corrente passa prima attraverso l'interruttore principale, e poi mediante commutatori all'una od all'altra delle sbarre. Il numero totale dei feeder è 34 e ciascuno di essi è munito di un interruttore ad olio, che può essere chiuso ed aperto a distanza dall'operatore o automaticamente in caso di massimo; i feeder sono ripartiti in gruppi e ciascun gruppo è alimentato da una sezione di sbarre ausiliarie che ricevono alla loro volta la corrente dai gruppi principali a cui possono venire connessi mediante commutatori. Gli interruttori automatici ad olio sono del tipo a motore ed a molle e sono contenuti in apposite camere in cemento. Questi interruttori e le sbarre che sono contenuti in speciali compartimenti, sono collocati al piano delle macchine, mentre le gallerie superiori raccolgono i quadri di controllo e degli apparecchi di misura.

Il quadro di controllo, che è formato da una tavola inclinata, porta gli interruttori che corrispondono ai motori che comandano gli interruttori ad olio. Mediante mezzi meccanici durante la manovra di questi interruttori sono indicate le connessioni fatte. Una sezione del quadro è dedicata agli alternatori, l'altra ai feeder.

Interborough Rapid Transit Company Subway division.

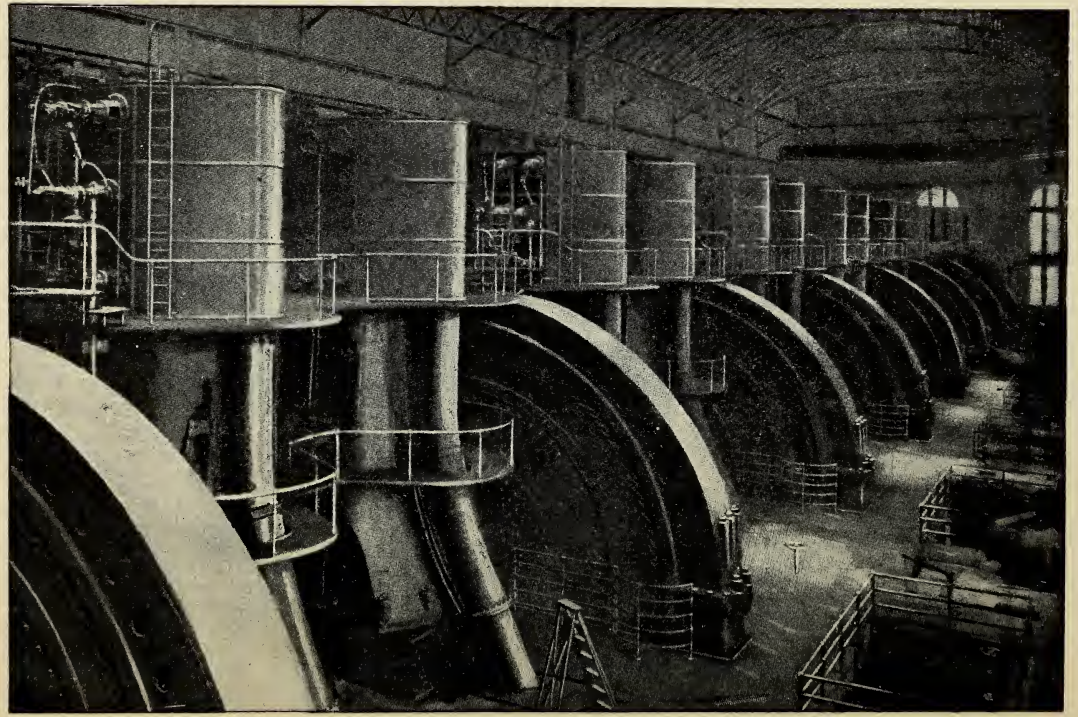


Fig. 29. — *Interno della centrale.*

Di fronte a questi quadri è collocato il quadro degli apparecchi di misura. Gli alternatori hanno apparecchi verticali consistenti in tre amperimetri, un voltimetro, un wattometro indicatore, un indicatore di fattore di potenza, ed un amperometro di campo, ed infine un wattometro integratore.

Uno scomparto centrale collocato tra gli apparecchi dei generatori e dei feeder porta gli apparecchi di calibrazione.

Il quadro dei feeder è munito di apparecchi circolari con un solo amperometro per circuito. Ogni fila verticale di apparecchi comprende i feeder che alimentano una data sottostazione mentre ogni fila orizzontale comprende gli amperimetri relativi ai feeder alimentati mediante sbarre ausiliarie.

Brooklyn Rapid Transit Company.

Questa Compagnia che fa servizio tra New York ed il suo sobborgo di Brooklyn attraverso il Brooklyn Bridge, ci offre un interessante esempio di stazione centrale che deve seguire condizioni variabilissime di carico.

Nessuna altra ferrovia trasporta un numero così grande di passeggeri, che raggiunge spesso la enorme cifra di un milione al giorno. Attraversano il ponte, partendo dalle stazioni terminali, 5 carri ogni minuto, 300 carri su binari ordinari all'ora, e 264 carrozzoni per le ferrovie elevate durante i periodi di massimo carico.

La centrale alimenta 546 chilometri di linee, di cui 108 sono a struttura sopraelevata e 638 a livello del suolo, fornendo l'energia a 1600 automotrici a linea ordinaria e 652 automotrici per linee elevate.

Questa rete riunisce a New York i più popolari luoghi di divertimento estivo della grande metropoli, tra questi colossale la Coney Island, per cui le condizioni di stagione e di clima hanno una grande influenza sulle condizioni del traffico.

Durante l'estate nei giorni favorevoli per clima, le linee sono

caricate il 20 per cento più che non nei giorni piovosi, nelle domeniche il traffico è 250 per cento maggiore che non nei giorni feriali.

Le richieste di nuove linee e di aumento di traffico sono continue per l'enorme aumento di estensione e popolazione che ogni anno questo sobborgo va assumendo.

La potenza necessaria per mantenere in servizio la rete, è generata in 7 stazioni generatrici, la massima delle quali ha la potenza di 32,000 cavalli. Queste centrali, costrutte successivamente per seguire gli aumenti di carico della rete, rappresentano i più disparati tipi per epoca, per potenza e caratteristiche.

La distribuzione è in parte a corrente continua ed in parte alternata, con sei stazioni di trasformatori e convertitori rotanti.

Nella stazione centrale si hanno 32 caldaie tubolari di 650 cavalli, occupanti due piani. La ventilazione è forzata, e non si hanno per ora alimentatori meccanici nè soprariscaldatori.

Le motrici sono verticali compound, direttamente accoppiate, costrutte dalla Allis-Chalmer, della potenza di 4000 HP. Le motrici sono accoppiate a generatori elettrici a corrente alternata, della capacità di 2700 Kw. a 40 poli. Il loro rendimento è del 96. 5 per cento con un carico a fattore di potenza = 1 e sono garantite per sostenere il pieno carico per 24 ore, con un aumento di temperatura di 35° C. sulla temperatura circostante, e di sopportare sopraccarichi del 100 per cento.

Le eccitatrici sono in numero di tre, una mossa da motrice termica e due da motori ad induzione; due di esse sono sufficienti alle richieste del pieno carico. Una batteria di accumulatori funziona come riserva.

Il comando delle unità è fatto centralmente con comando a distanza.

I trasformatori sono a ventilazione forzata, il loro avviamento è ottenuto mediante un piccolo motore ad induzione calettato sullo stesso albero.

Ogni sottostazione contiene convertitori rotanti della potenza di 1000 Kwatt, in serie con tre trasformatori di 375 Kw. connessi a triangolo, con interruttori sul secondario a bassa tensione.

Per quanto i convertitori siano compoundati, viene usato il solo avvolgimento in derivazione.

Lo studio della centrale è stato condotto in modo da ridurre al minimo il personale, per cui un sorvegliante è sufficiente per una sottostazione di 5000 Kw.

I cavi ad alta tensione provengono dalla centrale in condotti sotterranei.

La distribuzione dei feeder è ad anello per cui ogni sottostazione può essere alimentata in due direzioni, in modo che quando anche qualche sezione del cavo andasse bruciata, ogni sottostazione è sempre inserita colla centrale.

L'equipaggiamento delle linee della Brooklyn Rapid Transit, segue il tipo della pratica americana.

Pali tubolari in ferro, fili di alimentazione di 18 mm. di diametro di rame trafilato isolato, isolatori in micanite. Filo di trolley 00 di rame duro teso da funi di acciaio.

Le Elevated funzionano a terza rotaia.

Una nuova stazione, detta Harrisburg Station, è in costruzione, la sua capacità sarà di 55,000 Kw. con 12 unità turbogeneratrici.

Boston Elevated Railway Company.

Il sistema di centrali di questa Compagnia deve essere considerato nella nostra relazione in quanto rappresenta una tendenza ben diversa da quella che dirige i servizi delle altre Compagnie.

L'esame delle centrali termiche americane ci ha condotto a riconoscere la tendenza dei tecnici americani di concentrare in stazioni di grande potenza la produzione della energia elettrica per ottenere un esercizio più economico.

Evidentemente la cifra che rappresenta il costo del Kwatt deve avere un limite cui tende asintoticamente, per cui, giunti ad un certo punto, la convenienza di concentrare la produzione dell'energia in potentissime unità viene a cessare per l'aumento di spesa portato dalla perdita lungo gli alimentatori delle sottostazioni; dal costo e rendimento dei convertitori.

L'ingegnere elettricista deve tenere conto in questi casi di queste considerazioni, e ricorrere a centrali uniche quando l'economia nel costo di produzione del Kwatt è tale da compensare il maggior costo che proviene dalle sottostazioni e dalle linee.

Le condizioni locali di Boston consigliarono di ricorrere alla produzione frazionata dalla corrente elettrica per le ferrovie elevate con centrali di media potenza collocate in buone condizioni di accesso per il combustibile, e in opportuni punti per la alimentazione delle linee.

Il diagramma unito dà il costo per Kilowatt-ora medio in un anno per ciascuna delle stazioni, e la loro media complessiva.

Alcune delle stazioni hanno un costo di produzione più alto delle altre, e precisamente sono quelle di minore potenza. Le altre stazioni mostrano un costo pressochè costante e assai basso, del Kwatt-ora, lire 0.032, la media complessiva è di 0.037 centesimi. È notevole ancora come centrali di 2000 e 3600 Kwatt hanno un costo di produzione minore di altre di 14,000 e 8000 Kwatt.

Il fatto che mediante 8 stazioni che si dividono la produzione della corrente si ha un costo unitario del Kwatt inferiore a quello delle grandi centrali, dipende anche che le stazioni sono molto bene esercite e così coordinate da mantenere un alto fattore di potenza e rappresentare un sistema molto compatto.

Queste centrali funzionanti nella stessa città e per gli stessi servizi, fanno conoscere circostanze molto curiose sul valore relativo di certi perfezionamenti che paiono di grande modernità e convenienza.

Ad esempio, la Central Station con caldaie alimentate a mano mostra una minore spesa in combustibile e mano d'opera che non le Simala e Charlestown Station che hanno la alimentazione meccanica dei focolari.

Quand'anche si installasse una unica centrale della potenza complessiva di tutto il sistema, sarebbe difficile di avere un costo unitario inferiore a quello dato dalla media delle varie centrali funzionanti per le ferrovie elevate di Boston, e si dovrebbe aggiungere la quota corrispondente al costo delle stazioni e linee e quella corrispondente alle perdite nelle linee.

Questo esempio non ci permette di trarre dallo studio delle centrali americane la conclusione che sia ottima la pratica di concentrare la produzione dell'energia elettrica in centrali di potenza superiore ai 50,000 Kwatt.

La descrizione delle centrali di questo sistema non offre nulla di nuovo relativamente alla tecnica delle centrali americane.

CAPITOLO VII.

SISTEMI INDIPENDENTI.

Questo capitolo ha lo scopo di riunire ed illustrare esempi di centrali termiche esercitate da Compagnie autonome e che per il loro carattere non riflettono speciali tendenze, ma possono dare un criterio migliore della tecnica moderna delle centrali, quale è intesa dalle case costruttrici.

Tra le poche centrali di questa specie a nostra disposizione, abbiamo scelta quella di St-Louis, che è caratteristica per la distribuzione a corrente alternata, e quella installata nell'interno della Esposizione internazionale di St-Louis, che rappresenta l'ultima espressione della tecnica delle centrali americane.

La Union Light Power Station – St-Louis.

Fin dal 1878 la città di St-Louis vide un impianto di illuminazione elettrica formato da lampade a candele Jablokoff alimentate da due dinamo Gramme. Pochi anni dopo vide la lampada ad arco mediante una dinamo Brush, finchè la Brush Company di Cleveland Ohio fece uno dei suoi primi impianti colle dinamo in serie per illuminazione ad arco. A scopo commerciale nel 1884 si incorporava la St-Louis Illuminating Company, che costruiva una centrale di generatori a corrente alternata, motrici termiche della capacità di 550 lampade ad incandescenza da 30 candele.

Nel 1889 un ingegnere italiano, che occupa ancora attualmente una delle più elevate posizioni tecniche, l'ing. Guido Pantaleoni,

organizzava la Missouri Light Power Company, che nell'agosto 1889 eserciva una stazione elettrica ancora attualmente esistente.

Questo impianto che si era iniziato colla capacità di 10,000 lampade da 16 candele era obbligato dopo 6 mesi a portare la sua potenzialità a 20,000 di queste lampade. Da quel momento era assicurato il successo della luce elettrica in quella città.

Nel 1893 si formava pure in St-Louis una Edison Illuminating C° che acquistava la proprietà delle altre Compagnie.

Nel 1897 la Compagnia s'ingrandiva sotto il nome di Missouri Edison Electric Company; nello stesso anno una nuova Compagnia si formava in completa concorrenza, destinata alla parte più importante della città. Il suo impianto è collocato pressochè nel centro della zona alimentare, ed il sistema di distribuzione è il sistema Edison a 220-440 Volt.

Nel 1903 si formava la Union Electric Light and Power C°, che conglobava tutti gli impianti esistenti nella città.

Questo carattere del consolidamento delle Compagnie elettriche nelle recenti centrali in ogni città americana, è diventato così generale da costituire una caratteristica delle centrali elettriche negli Stati Uniti.

E si può affermare che mentre New York è stata la città che ha avuto il primo grande impianto di lampade ad incandescenza, St-Louis fu quella che diede un maggior sviluppo all'illuminazione colle lampade ad arco, talchè nel 1893 l'impianto di lampade ad arco nella città di Saint Louia, era il più potente che esistesse nel mondo.

È ancora da notare come la Edison di St-Louis, dal giorno in cui fu costretta dalle leggi americane di fare una conduttura sotterranea, adottò la corrente alternata, formando un sistema a tre fili monofase, a 119-220 Volt, alimentato da trasformatori collocati nell'intersezione delle vie. Questo sistema monofase, che rappresenta certamente anche il più importante che si sia mai costrutto, ha dato degli ottimi successi e la necessità dei motori monofasi da collocarsi sopra questa rete è stata tale che in St-Louis è sorto uno stabilimento industriale per la fabbricazione del motore mono-

fase sistema Arnold, che attinge il suo mercato essenzialmente da questo impianto, la Wagner Electric C°.

La Union Electric Light Power C°. attualmente esercisce quattro stazioni generatrici, di cui noi vorremo considerare la Ansley Street Station, in parte solo attualmente costrutta. Attualmente sono in funzionamento generatori per 12,000 Kwatt, e sono da installarsi altri 24,000 Kwatt generati da turbine a vapore. Questa centrale è collocata sulle rive del Missisipì, circa un mezzo miglio distante dal quartiere degli affari. L'edificio consiste in un salone delle motrici, della lunghezza di 100 metri, della larghezza di 26, dell'altezza di 28; ed un locale caldaie 100×32 metri. La struttura dell'edificio è in acciaio, con muratura e fondazioni in calcestruzzo. Le fondazioni delle motrici hanno un'altezza di 8 metri e si basano sopra roccia compatta. Attualmente sono installate 26 caldaie a focolare interno, tipo Marina, e sono per installarsi 40 altre caldaie a tubi d'acqua.

Ciascuna caldaia contiene due focolari di 110 centimetri per 210 centimetri. Queste fornaci terminano nelle parti posteriori ad una camera di combustione, da questa camera partono serie di tubi del diametro dl 8. 25 centimetri e della lunghezza di 330; il numero di tubi di ciascuna caldaia è 408. Ciascuna caldaia è munita di una griglia automatica Jons capace di bruciare un minimo di 1400 chilogrammi di carbone per ora, evaporando 10,000 chilogrammi di acqua. La ventilazione forzata è ottenuta mediante ventilatori del diametro di 285 centimetri.

Tutte le condutture pel vapore d'acqua ad alta pressione sono in acciaio con unioni a flangia.

Le motrici sono del tipo Corliss Compound Allis Chalmer direttamente accoppiate ad alternatori trifasi, 25 cicli, della Westinghouse, due delle quali hanno la potenza di 1000 Kwatt, e tre di 3000 Kwatt. Le motrici sono del tipo verticale compound Corliss, ed i generatori collocati parallelamente ai volani hanno una velocità di 75 giri al 1′, e generano corrente alternata trifase, a 25 cicli e 6600 Volt.

Le motrici sono munite di regolatori e di apparecchi di sincro-

nismo, tali che la regolazione varia nei limiti del 2 per cento fra la posizione di carico e quella di 50 per cento di sovraccarico. Il carico normale per le motrici è di 4600 cavalli, ma esse sono in grado di sopportare in modo continuo 7000 cavalli.

Gli alternatori soddisfano alle seguenti garanzie:

	Kw. 1500	Kw. 3000
eccitazione a pieno carico.	Amp. 200	Amp. 250
regolazione da vuoto a pieno carico:		
fattore di potenza 100 °/₀	8 °/₀	8 °/₀
rendimento:		
a metà carico	91.5	94.25
a 3/4 di carico	94	95.5
a pieno carico.	95	95 5
aumento di temperatura:		
fattore di potenza 90-100 °/₀:		
a pieno carico per 24 ore	40 °/₀	40 °/₀
25 °/₀ di sovraccarico per 24 ore	50 °/₀	50 °/₀
50 °/₀ di sovraccarico per un'ora	60 °/₀	60 °/₀

Le turbine a vapore avranno la potenza: 4 di 5000 Kwatt e 2 di 2000 Kwatt; saranno del tipo Curtis e costrutte dalla General Electric C°. L'area occupata sarà di 30 × 18 metri.

Il quadro di distribuzione ci offre un notevole esempio di tecnica americana in questo campo. Questo quadro è destinato alle 11 unità generatrici accennate, ed occupa una serie di gallerie nell'estremità sud del salone delle macchine.

Queste gallerie sono in numero di 5 ed occupano 5 piani distinti. Gli interruttori degli alternatori e le sbarre omnibus degli alternatori sono collocati con tutti gli apparecchi di controllo dei generatori e dei feeder al 4° piano. Al 3° piano sono collocati i taglia circuiti dei generatori, e le sbarre omnibus principali. Il secondo piano contiene i commutatori per i feeder e gli interruttori ad olio non automatici come i reostati di campo degli alternatori.

Il primo piano contiene gli interruttori ad olio automatici dei

feeder ed i pannelli per il controllo degli apparecchi ausiliari a bassa tensione. Nel mezzanino sono collocati i trasformatori di misura, sbarre, interruttori a bassa tensione. Tutto il quadro e gli apparecchi sono di costruzione Westinghouse, e sono portati da pietra saponaria sostenuta da muratura di argilla compressa. Le sbarre ed i cavi sono isolati mediante condotti in pietra; ciascun generatore ha sul quadro di distribuzione un'apposita colonna che porta i suoi apparecchi di controllo, in modo che l'elettricista di servizio può nello stesso tempo osservare gli apparecchi di misura delle unità generatrici e quelli del circuito da alimentare. Ciascuna colonna porta l'apparecchio indicatore del fattore di potenza, due amperimetri, un wattimetro indicatore ed un amperimetro di campo, mentre la colonna centrale porta tre voltimetri, due sincronizzatori, ed un voltimetro a corrente continua. Queste colonne sono collocate sulle ringhiere della galleria. Le lastre in marmo poste dirimpetto sono divise in pannelli che contengono nei campi riservati ai generatori, le manovre degli interruttori ad olio, degli interruttori di campo, dei reostati di campo, e le spine per i voltimetri e sincronizzatori, le lampade indicatrici.

Altri 31 campi servono per il controllo dei feeder ad alta tensione; ciascun feeder ha un amperimetro, un indicatore di fattore di potenza, un wattimetro integratore, due comandi per i due interruttori ad alta tensione, che si succedono in serie, due indicatori degli interruttori, due lampade ed un reeais a tempo.

La via percorsa dalla corrente è la seguente: dai generatori passa attraverso agli intertuttori ad olio principali, alle sbarre omnibus e quindi mediante i commutatori ad olio ed i taglia circuiti, ad una delle due serie di sbarre principali; i feeder possono attaccarsi a queste sbarre mediante commutatori. Da questi il feeder passa attraverso agli interruttori ad olio non automatici, poscia attraversa un interruttore ad olio automatico, ed infine passa nei condotti sotterranei.

Il quadro di distribuzione per le eccitatrici è collocato al piano delle unità motrici ed è alimentato a 200 Volt a corrente continua.

La centrale dell'Esposizione di St-Louis.

Il problema che la Division of Works della Louisiana Purchase Exposition C° dovette risolvere per provvedere a tutti i servizi di questa esposizione che superò in vastità quante la precedettero, simile al problema di provvedere ai servizi di una grande città e di improvvisarli in pochi mesi in modo che essi stessi formassero la parte integrante e più interessante pel tecnico dell'esposizione, condusse ad un largo uso della corrente elettrica cui furono affidate ogni produzione di luce e trasmissione di energia.

I promotori di questa esposizione, per renderla di una qualche importanza per il pubblico tecnico e ben conoscendo come difficilmente quattro anni dopo l'esposizione di Parigi si avrebbe potuto avere nel macchinario elettrico una somma tale di novità da rendere l'esposizione di St-Louis più che una mostra di tipi conosciuti o di particolari di poca importanza, hanno cercato di fare dell'edificio della meccanica una grande officina in cui i motori, generatori e macchine utensili si mostrassero nel loro funzionamento in condizioni pratiche e contribuendo alla produzione dell'energia da trasmettere in tutta l'Esposizione ed alla sua utilizzazione per i servizi della grande World's Fair. Se il chiamare gli espositori a contribuire essi stessi alla produzione dell'energia elettrica aveva il suo lato pratico per l'economia che la Compagnia avrebbe realizzato nelle spese di impianto ed avrebbe avuto il suo lato interessante per la prova di molti tipi di motori termici e di generatori, e per mostrare in ogni loro particolare le varie tendenze nelle installazioni degli impianti, che avrebbero dovuto avere natura stabile, ciò non fu possibile in tutta l'estensione della parola sia per motivi di natura tecnica che non compatiscono di affidare l'energia da distribuire in una unica rete a troppe unità diverse per regolazione, per condizioni di velocità e di funzionamento, sia per motivi si sicurezza poichè in caso di crisi tra la Compagnia e gli espositori, questi avrebbero potuto provocare una rottura dei contratti, sia ancora

perchè difficilmente si sarebbe potuto formare una centrale della potenza di 40,000 cavalli quale attualmente si ha funzionante.

L'Esposizione ha a sua disposizione tre sorgenti di energia: l'impianto proprio della Compagnia costrutto dalla Westinghouse Electric C° e Manufacturing Company della potenza di 8000 Kilowatt, generante corrente a 25 cicli e 6600 Volt.

L'impianto degli espositori in grado di fornire 8000 Kwatt di corrente alternata in varie condizioni di frequenza e di potenziale e 3550 Kwatt a corrente continua al potenziale di 560 Volt. L'impianto della Union Light e Power C° di St-Louis che fornirà all'Esposizione 7500 Kwatt di corrente alternata trifase a 25 cicli e 6600 Volt.

Questa energia è distribuita nel recinto dell'Esposizione a sottostazioni ed agli apparecchi utilizzatori.

La fornitura del macchinario per la grande centrale della Esposizione venne affidata alla Westinghouse a cui la Compagnia pagò 60,000 dollari rappresentanti circa la metà del suo valore, lasciandole il diritto di riprenderlo alla fine della Esposizione.

La Westinghouse si impegnava di provvedere ad una centrale elettrica nei suoi particolari di progetto, di macchinario e di impianto per fornire la corrente elettrica per uso generale nel recinto della Esposizione, cioè per la illuminazione dei 1240 archi compresi nel recinto, degli interni degli edifici, per aspirare l'acqua delle lagune e delle cascate, per azionare tutto il macchinario degli espositori e delle concessioni. La Compagnia si propose di formare una centrale elettrica della potenza di 14,000 cavalli che rappresentasse un impianto modello, coi perfezionamenti più moderni della tecnica, accoppiati ai criteri più severi della economia, e che rappresentasse a scopo di esposizione tutto il trust delle Compagnie aggregate alla Westinghouse che è in grado di provvedere a tutti i servizi di una centrale con un unica direzione e responsabilità; le quattro grandi motrici a vapore Westinghouse Corliss verticali compound, due dei generatori elettrici accoppiati alle motrici funzionanti a corrente trifase colla potenza di 2500 Kwatt, le motrici azionanti le eccitatrici, le eccitatrici stesse, le motrici per le pompe,

draghe ed elevatori di carbone, ventilatori in servizio nell'impianto caldaie furono costrutte da Compagnie Westinghouse. Le torri di tiraggio e di refrigerazione furono progettate dalla Westinghouse Church Kerr Company.

Tutto il materiale ed installazione dei quadri di distribuzione mostrano come la organizzazione industriale che compare alla esposizione sotto il nome di Westinghouse Companies at Louisiana Purchase Exposition occupante in tutti gli edifici aree grandissime e che rappresenta una organizzazione di più di 30,000 impiegati e formata da 21 Compagnie, non solo può assumere la costruzione di una grande centrale elettrica, ma di tutto il materiale relativo ai servizi che si connettono agli impianti elettrici.

L'impianto è funzionante dal 15 aprile a pieno carico e spesso con sopraccarichi considerevoli.

Questa centrale a unità di grande potenza rappresenta il prototipo della moderna grande centrale termica per servizio urbano nelle città americane, e costituisce nel suo insieme un grande progresso su quanto la industria elettrica degli Stati Uniti aveva presentato alla Esposizione di Chicago. L'impianto di quella Esposizione pure avendo una capacità vicina a quella della centrale di St-Louis era formata da 12 unità generatrici di 750 Kilowatt che rappresentavano i tipi di massima potenza allora costrutti dalla Westinghouse che era già stata la fornitrice; invece attualmente le motrici di 3500 cavalli che abbiamo funzionanti in questa centrale non rappresentano che tipi di media potenza.

Il servizio della Esposizione, che costituiva la sorgente principale di energia per la grande Esposizione, e doveva sopportare tutti i carichi di potenza e di illuminazione degli edifici principali della Esposizione e della Pike era di grande interesse per il tecnico, non tanto per le sue dimensioni e per i servizi cui fu destinato, quanto perchè rappresentava il tipo delle centrali americane termiche, quale quella della Metropolitan Street Railway ultimata ora dalla Westinghouse a Kingsbridge di 40.000 cavalli; la stazione di 50,000 cavalli della New-York Edison C°, dove motrici Westinghouse Corliss, le più grandi mai costrutte della potenza di 6500 cavalli, spesso svilnppano in condizioni di sopraccarico 10,000 cavalli.

La centrale della Westinghouse era collocata all'estremità del palazzo delle macchine; vi si accedeva attraverso al modello dell'armatura di un generatore di 7700 cavalli del diametro di 10 metri, funzionanti nella centrale della Compagnia delle ferrovie sotterranee di New-York, colonnati decorativi e padiglioni dedicati alle varie nazioni in cui la Westinghouse ha le sue figliali ed alle varie Compagnie Westinghouse confederate.

La corrente generata nella stazione era alternata trifase a 6600 Volt e 25 periodi, frequenza ormai normale negli Stati Uniti. Le unità generatrici un numero di 4 erano uguali ed avevano la potenza di 3500 HP.

Le motrici termiche erano del tipo verticale " cross compound „ a scopo di economia di spazio e di esercizio, e poichè il volano e l'alternatore sono collocati fra i due cilindri della motrice, un tubo di acciaio li riunisce mentre i basamenti in ghisa delle due parti della motrice sono indipendenti. L'albero, del diametro di 900 mm. nella sua mezzeria è di 830 m. in corrispondenza dei supporti, in acciaio fucinato sotto pressione per assicurarne la perfetta omogeneità, pesa 53 tonnellate. I supporti hanno la lunghezza di 1320 mm., sono autocentratori, con sedi di appoggio sferiche, che permettono lo spostamento sotto l'azione del carico concentrato nel punto di contatto delle superfici sferiche; le bronzine come gli eccentrici, la manovra e le guide dei pattini, sono raffreddati mediante circolazione di acqua. I rubinetti d'introduzione del tipo Corliss sono collocate in capo ai cilindri, un ingranaggio a scatto all'introduzione e un movimento oscillatorio alla scarica regolano le valvole. Ogni motrice può sostenere per un breve periodo un carico di 5000 cavalli. La velocità della motrice è regolata da un regolatore centrifugo chiuso autolubrificante regolabile durante funzionamento in sensibilità.

Per poter accoppiare in parallelo le generatrici, un piccolo motore comandabile dal quadro di distribuzione è collocato in modo da poter spostare un peso mobile del regolatore in modo da modificare la velocità finchè il generatore da avviare è in sincronismo col sistema.

Ogni motrice è munita di limitatore automatico di velocità che chiude istantaneamente la valvola di ammissione quando si oltrepassa la velocità di sicurezza, facendo scattare il regolatore. Questo comando si può pure fare a mano a distanza, dal basso, mediante interruttore elettrico e sistema di magneti. Il numero dei giri della motrice è 83 1/2 al minuto primo.

Il volano a razze pesa 100 tonnellate, e col peso dell'alternatore di 40 tonnellate, si ha un peso unitario per centimetro quadrato di area proiettata di 12 chilogrammi.

Le eccitatrici sono azionate da tre motrici verticali Westinghouse Compound della potenza di 100 cavalli.

Tutte le motrici termiche di questo impianto funzionano a condensatore; due condensatori generale centrali, ciascuno della capacità di 650 cavalli, servono metà dell'impianto, il loro tipo è Worthington " barometrico " e sono muniti di pompe ad aria secca per scacciare l'aria dai coni di condensazione. Sono in funzionamento i tipi verticali come orizzontali di queste pompe e, nel caso in cui il vuoto venisse a mancare, una valvola automatica permette al vapore di scarico di fuggire attraverso al tetto. La circolazione di acqua è applicata al condensatore mediante una pompa centrifuga del modello Worthington direttamente accoppiata ad un generatore Westinghouse compound.

Una seconda pompa a turbina eleva l'acqua calda sulla sommità delle torri e la raffredda per evaporazione facendola cadere dall'alto attraverso a tralicci di legno; ventilatori speciali funzionano pure alla base delle torri, per aumentare il tiraggio.

Dal quadro di distribuzione si possono manovrare elettricamente tutte le pompe.

Il vapore generato nell'impianto caldaie è condotto alle motrici con serie di tubi di 30 cm. di diametro, il sistema di circolazione è tale che ogni sezione può essere messa fuori servizio in caso di rotture, i tubi sono sostenuti nella volta del sotterraneo da rulli che permettono oscillazioni e contrazioni. L'acqua di condensazione è riunita mediante inclinazione dei tubi e ritornata automaticamente alle caldaie mediante valvole.

Centrale dell'Esposizione internazionale di Saint Louis.

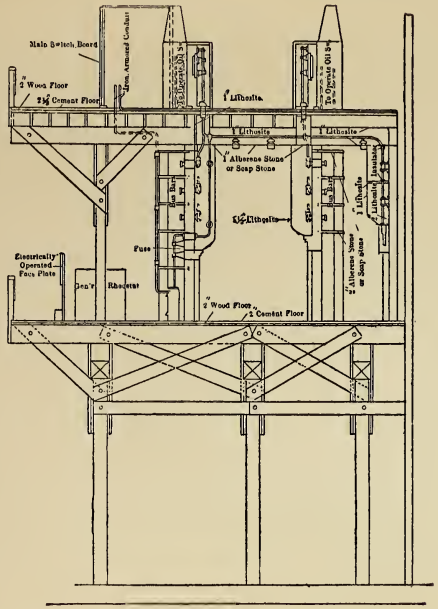


FIG. 26. — *Quadro di distribuzione per alte tensioni e grandi potenze.*

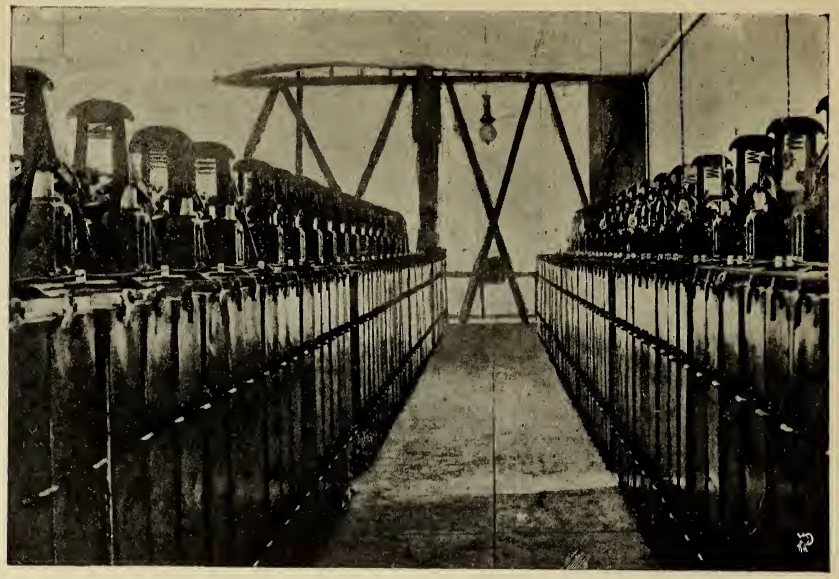


FIG. 27. — *Galleria degli interruttori.*

Le unità generatrici furono costrutte in parte dalla Westinghouse ed in parte dalla General in virtù di una convenzione fra le due case che consentì di presentare speciali condizioni alla Compagnia dell'Esposizione, funzionano a 6600 Volt, 25 cicli e come carico normale a 2500 Kwatt.

I generatori della Westinghouse appartengono al tipo Engine Type che è oggi così comune nelle grandi centrali americane ed in generale nelle centrali di media potenza, dove i tipi comandati a puleggia sono assolutamente scomparsi.

Il campo magnetico è portato da un sistema di razze connesse con un mozzo a due ganascie, che sopportano una lanterna in ghisa a nervature interne per l'aumento del momento di inerzia delle sezioni resistenti ed a scopo di ventilazione, con larghe fessure per la circolazione dell'aria, la superficie esterna di tale corona è munita di fessure a coda di rondine ottenute di fusione destinate a sopportare il disco laminato che forma il circuito magnetico; tale disco è formato da settori laminati che comprendono lo spazio angolare di un passo tagliati in modo però che uno solo dei poli risulti completo e sia collocato tra le due metà del polo seguente e precedente, l'unione dei dischi risulta così nella mezzeria dei poli con maggiore solidità di tutto l'insieme per la maggiore superficie di frizione in vicinanza della sezione pericolosa del solido rotante; magneticamente ha il vantaggio di portare la connessione, che non è una resistenza magnetica trascurabile, nella sezione in cui il flusso magnetico è parallelo alla superficie di unione ed anzi la connessione coincide con l'asse neutro di tale flusso. Per quanto i giunti siano sfalsati, pure questo sistema di connessione ha il difetto di reclamare una compressione delle lamiere che deve stendersi fino alle estremità polari per impedire lo sfasciamento di queste estremità ed infatti il nucleo laminato è tenuto insieme e compresso da bulloni assiali che attraversano i poli e si spingono fino alle estremità polari con peggioramento della proprietà magnetica dell'induttore, ma miglioramento delle proprietà meccaniche poichè questo nucleo forma un solido resistente di per sè, non trasmette alcuno sforzo alla corona sotto l'azione della forza centrifuga e attaccandosi alla

corona con una larga superficie indipendente da bulloni o altri mezzi variabili di connessione.

Con disposizione del tutto speciale i poli laminati sono attraversati da fessure di ventilazione che contribuiscono non solo a raffreddare le bobine eccitatrici, ma migliorano la ventilazione della armatura fissa.

Le bobine eccitatrici sono avvolte su sagome formate da bandelle di rame isolato dopo l'avvolgimento, e compresse nel senso radiale da viti che puntano contro il giogo dell'induttore e da legature trasversali assai robuste; le bobine eccitatrici sono trattenute nella loro sede contro l'azione della forza magnetica e della gravità da sbarre di bronzo che vengono ad incastrarsi in apposite fessure praticate nelle estremità polari, colle loro labbra; e le striscie di ottone rotanti col campo magnetico hanno l'effetto di smorzatrici, come le sbarre di Leblanc, sulle oscillazioni dovute al galoppamento delle motrici ed alle oscillazioni proprie dei circuiti di distribuzione.

La armatura fissa formata da corona laminata è sostenuta da carcassa in ghisa che lascia ampio spazio per la circolazione dell'aria, e colla forma a *C* dà un grande momento resistente ad ogni sezione. L'avvolgimento è fatto con spirali individuali connesse esternamente da speciali giunti, formate su sagoma ed immerse in fori semichiusi. La ventilazione è assicurata da fessure formate nella laminazione in corrispondenza delle fessure praticate nei poli e nel giogo induttore, in modo che durante la rotazione l'aria viene dalle alette interne dell'induttore rotante spinta nell'interno dell'induttore e da questo nell'interno del nucleo dell'armatura. La circolazione refrigerante risulta assai attiva e fatta in modo non del tutto razionale, poichè varia successivamente da sezioni meno riscaldate a sezioni più calde, e invece di realizzare una circolazione inversa passa a contatto delle parti calde dell'armatura fissa quando già si è riscaldata a contatto dell'induttore; gusci protettori circondano l'armatura permettendo la ventilazione. L'armatura è ancora spostabile complessivamente nel senso assiale per l'ispezione e cambiamento degli elementi dell'avvolgimento.

Gli anelli collettori sono in acciaio e portati di sbalzo da una lanterna in ghisa allo scopo di assicurarne la ventilazione; su essi si appoggiano spazzole di carbone.

Questi generatori possono sopportare un sovraccarico del 50 per cento per un'ora, la temperatura dopo 24 ore di funzionamento a pieno carico non eccede la temperatura ambiente di 40°, dopo un funzionamento per un'ora col sopraccarico del 50 per cento mostrano un aumento di temperatura dell'ambiente di 60°C.

Il peso di ogni generatore completo è di 89 tonnellate.

I due generatori della General che lavorano in parallelo coi generatori della Westinghouse, per quanto nella loro forma esterna nella velocità e nella tensione siano uguali a questi ultimi, pure ne differiscono nei particolari di costruzione.

I poli appartenenti all'induttore rotante sono fissati mediante bulloni attraversanti la corona massiccia e serranti le razze stesse della corona. Le espansioni polari che mancano nel generatore Westinghouse sono qui di riporto e contribuiscono a tenere nelle loro sedi le bobine magnetizzanti ancora formate da bandelle di rame isolate internamente, dopo costruzione, mentre la faccia esterna di tali bandelle è esposta al raffreddamento della ventilazione. I poli sono asportabili assialmente con maggiore facilità che non nel tipo Westinghouse. Gli anelli collettori sono ancora di acciaio e su di essi si appoggiano serie di spazzole in carbone, e gli anelli collettori non sono portati di sbalzo ma da lanterna interna. L'armatura fissa ha caratteri del tutto analoghi a quelli della Westinghouse salvo i bulloni di connessione delle due parti in cui è divisa la carcassa che qui sono annegati nell'interno della massa, mentre nel tipo Westinghouse essi sono visibili.

Le costanti di peso e di rendimento sono comuni a tutti i 4 gruppi.

Le eccitatrici di campo delle 4 unità sono in numero di 3 della potenza di 80 kilowatt, esapolari, a 125 volts, e 300 giri, e sono connesse direttamente a motrici verticali Compound. Un gruppo generatore di eccitazione è di riserva.

Caratteristiche di questi generatori a corrente continua sono

le laminazioni dei poli, la divisione verticale del giogo dell'induttore fisso, che permette l'esplorazione e riparazione dell'armatura senza smontaggio dei supporti e smantellamento della macchina, disposizione non adattabile per grandi macchine; per cui la manovra fatta per mezzo della gru è più facile che non la duplice traslazione su una base che certamente offre un grande attrito al movimento di queste parti.

Per la manovra dei quattro generatori e del loro campo magnetico, per la distribuzione della corrente nei vari edifici dell'Esposizione, venne costrutto un gran quadro di distribuzione che per la natura del potenziale e la potenza della centrale ha molti caratteri di stabilità e rappresenta uno dei tipi americani di quadri per grandi centrali elettriche ad alto potenziale.

Il quadro di manovra e distribuzione costituisce la parte più importante delle installazioni elettriche moderne, il cui ideale di funzionamento deve consistere nella semplicità, sicurezza, facilità di manovra, per avere un servizio sicuro ed ininterrotto. Lo studio del quadro deve estendersi dalla costruzione generale ai più intimi particolari nella scienza dei congegni di regolazioni e di manovra, di sistemi di isolazione e di apparecchi di misura, come di messa in fase e di sicurezza.

La tensione di 6600 volts, ha indicato come soluzione necessaria il comando degli interruttori a distanza ed i trasformatori per gli apparecchi di misura, ha reso necessaria la separazione dei vari circuiti relativi alle unità generatrici ed ai feeders, mediante setti di materiale isolante; la regolazione del campo degli alternatori dovette anche farsi meccanicamnte con comando a distanza; per cui carattere generale di questo quadro è il comando indiretto degli apparecchi di manovra e di regolazione.

Lo schema generale del quadro è duplice, a due sistemi di sbarre di distribuzione; a queste sbarre si connettono i cavi che provengono dagli alternatori ed i feeders che si distribuiscono nel recinto dell'Esposizione mediante interruttori ad olio manovrabili a distanza od a mano direttamente ed automaticamente, che consentono di togliere o di dare la corrente in un sistema qualunque di sbarre omnibus.

Poichè questa è una misura di sicurezza, le due sezioni del quadro sono assolutamente distinte, e si trovano in due piani verticali separati, che si estendono dal primo al secondo piano e permettono la ispezione di tutte le connessioni ed apparecchi; tale divisione sussiste fino agli interruttori automatici ad olio, mentre le stesse tavole di distribuzione servono per i due sistemi di sbarre, essendo sul quadro accessibile solo la corrente di manovra a bassa tensione.

Un'armatura di legno sopporta la prima terrazza destinata ai reostati di regolazione, ai trasformatori di misura ed alle sbarre generali coi taglia circuiti e coi trasformatori di corrente. Due pareti verticali di muratura hanno inferiormente camerette per i trasformatori di potenziale separate da setti in muratura, a cui arriva la corrente ad alta tensione attraverso a valvole separate da pietra saponaria ed a tre a tre separate da setti in muratura per la indipendenza dei circuiti.

I conduttori a bassa tensione salgono verticalmente al quadro di distribuzione e vanno agli apparecchi di misura.

Le tre sbarre raccoglitrici sovrastano questa struttura e sono formate da due bandelle di rame collocate di costa portate da isolatori e separate da pareti di pietra saponaria; i conduttori che uniscono le sbarre agli interruttori passano dietro a ciascuna parete, salgono verticalmente agli interruttori e sono separati da setti verticali di pietra saponaria.

Sia i circuiti che si dirigono alle sbarre che quelli che ne vengono hanno i loro separatori di corrente collocati o sulle sbarre stesse tra la porzione corrispondente ai generatori, e quella corrispondente ai feeders, ovvero collocati sui feeders stessi dietro alle pareti.

I cavi di uscita per i feeders sono muniti di taglia circuito collocati nella parete di fondo della terrazza. Il secondo piano sopporta gli interruttori ad olio ed il quadro di distribuzione.

Detto quadro in marmo grigio è diviso in 32 pannelli assolutamente indipendenti connessi da una struttura di ferro a T; comprende tre scomparti per le eccitatrici destinati al controllo della

corrente continua di eccitazione, le cui sbarre corrono appunto dietro al quadro; quattro scomparti per i generatori, di cui due di costruzione della Westinghouse e due della General Electric C°; tre scomparti generali per le sbarre raccoglitrici; 17 scomparti per i vari feeders, due per la corrente ceduta dalla " Union Light e Power C°. Le eccitatrici in numero di tre funzionano in modo alternativo ed il loro quadro comprende un reostato di regolazione collocato direttamente dietro alla lastra di marmo per il campo magnetico, due interruttori a mano ed un interruttore automatico del tipo comune della Westinghouse a solenoide; comprende ancora nello scomparto inferiore la manovra del reostato di regolazione del campo magnetico degli alternatori, e tale reostato è collocato nella terrazza inferiore ed è comandato a distanza.

I due tipi presenti di reostato azionati a distanza della Westinghouse e della General, non si differenziano che in particolari di costruzione; sono azionati da un motorino elettrico che, mediante vite senza fine produce la rotazione di spazzole di carbone su segmenti connessi alle resistenze del reostato, un interruttore collocato sulla tavoletta del reostato interrompe la corrente circolante nei motori ai due estremi della corsa, l'operatore manovrando la manovella superiore avvia il motore e lo arresta nella posizione più conveniente per la regolazione del campo dell'alternatore.

I pannelli relativi ai generatori e tutti i pannelli dei feeders portano le manovelle di comando degli interruttori ad olio collocati dietro al quadro, in numero di due per ogni pannello per connettere le sbarre.

In un pannello, collocato in modo da essere visibile da tutti i punti del quadro, sono collocati i voltimetri che sono comuni ai 4 generatori ed alle sbarre mediante commutatore, i due sincronizzatori che permettono di accoppiare in parallelo a due a due i tre alternatori che ordinariamente funzionano.

Ogni pannello dei generatori ha un indicatore di fattore di potenza, e nei pannelli generali si hanno ancora degli indicatori di frequenza.

Il campo magnetico degli alternatori può essere chiuso in

corto circuito su una resistenza quando si apre o si chiude il circuito delle eccitatrici mediante speciale interruttore ed inseritore di resistenza.

I pannelli dei feeders non portano altro che un amperometro, i due manubri per la manovra degli interruttori ad olio, le due lampadine indicatrici, un Kilowattometro integratore. Il pannello destinato a ricevere la corrente dalla " Union Light C° „ è munito di un relay polifase ad inversione, che è specialmente indicato per le sottostazioni quando più linee lavorano in parallelo, per evitare il pericolo nel caso di un corto circuito in una di esse e conseguente apertura degli interruttori automatici, si debba mancare di corrente anche nei circuiti connessi in parallelo. Per prevenire questo, le linee sono protette, alle stazioni con relay a tempo, con relay ad inversione alle sottostazioni.

Occorrendo un corto circuito od una terra in una delle linee, le loro estremità in stazione sono mantenute connesse dal relay a tempo, mentre la linea in cui è accaduto l'inconveniente è aperta alla estremità della sottostazione dalla corrente proveniente in senso opposto dalla seconda o dalle altre linee. Separato dalle altre linee il punto in corto circuito può ricevere corrente solo attraverso la sua connessione colla stazione principale, da cui sarà pure separata appena l'inconveniente ha durato un tempo sufficiente per aprire il circuito, il quale risulta isolato alle due estremità. Questo apparecchio che qui funziona essenzialmente per proteggere la distribuziono della Esposizione dei frequenti corti circuiti delle linee urbane di St-Louis ha pure l'ufficio di impedire che una macchina possa operare come motore colla corrente di macchine operanti in parallelo. Funziona sul principio dei wattimetri ad induzione colla medesima sensibilità e sicurezza.

Questo quadro di distribuzione in tutti i suoi particolari è senza dubbio un buon esempio di installazione per la manovra di unità generatrici di media poteuza e per la distribuzione ad un grandissimo numero di feeders, consentendo una grande facilità di manovra pure avendo nella sua costruzione realizzati i principii più severi dell'economia.

Le Centrali idroelettriche.

CAPITOLO VIII.

IL SISTEMA DEL NIAGARA.

La utilizzazione delle forze idrauliche delle cascate del Niagara, fu per molti anni l'obbiettivo dei tecnici e degli industriali, ma per quanto fosse possibile entro certi limiti di risolvere il problema di convertire la potenza idraulica in potenza meccanica, non fu per molti anni facile di utilizzare la enorme potenza che poteva essere a disposizione degli industriali. Questo problema equivaleva a quello di poter trasmettere questa forza in luoghi dove gli elementi locali consentissero un suo impiego in industrie lucrative.

Alcuni progetti consideravano, per la trasmissione della energia a distanza, di servirsi dell'acqua compressa da compressori, accoppiati a turbine idrauliche, e venne studiato il progetto di trasmettere con questo mezzo una grande potenza fino a Buffalo.

Altri non riteneva impossibile di distribuire radialmente da una stazione centrale degli alberi metallici sopportati da colonne e sopporti, in modo da distribuire a stabilimenti industriali, connessi mediante innesti a queste linee, la forza necessaria al loro funzionamento.

Un altro progetto considerava la costruzione di una rete di canali che andavano a raggiungere le varie officine, azionando ivi singole unità idrauliche.

La elettrotecnica veniva invece a risolvere in modo semplicissimo il problema di suddividere e distribuire la potenza meccanica, portando nello stesso tempo nuove industrie che utilizzano unicamente l'energia elettrica, quali la elettrochimica, la illuminazione e la trazione.

La Niagara Falls Hydraulic Power and Manufacturing Company.

È stata la prima a tentare il magnifico problema di sfruttare le cascate del Niagara, per utilizzarne la potenza idraulica, convertendola in potenza meccanica, senza pensare ancora alla pos-

sibile sua trasformazione in potenza elettrica, poichè nel 1852, quando la famiglia Porter, che apparteneva ai primi coloni ch'erano venuti su quelle terre, le regalava il terreno necessario per la costruzione d'un canale, che doveva estendersi per breve tratto sull'altipiano soprastante le cascate, l'elettricità era ancora confinata nei laboratorii.

Nell'anno seguente la Compagnia cominciava la costruzione di un canale della larghezza di 21 metri e della profondità di 3 metri, ed i lavori progredirono per 16 mesi, finchè la mancanza di denaro li interruppe.

Nel 1860 la proprietà passava nelle mani del signor Horace H. Day che nel 1861 aveva completato un canale della lunghezza di10 metri e della profondità di metri 2.40. Ma la guerra civile interrompeva le opere e per molti anni l'acqua imputridì in quel canale.

Nell'anno 1877 alcuni industriali sottentrarono nei diritti della Compagnia e formarono l'attuale *Niagara Falls Hydraulic Power and Manufacturing Company*, di cui fu presidente Jacob F. Schoellkopf.

Da quella data incomincia lo sviluppo delle industrie nella regione del Niagara. In quell'epoca l'idraulica e la meccanica applicata all'idraulica facevano i loro primi passi, l'elettrotecnica cominciava a fare conoscere le sue meraviglie; quindi, i primi impianti seguirono lo svolgersi di queste tecniche e rappresentano succedendosi, tutta la loro storia.

La prima trasformazione di energia idraulica in energia meccanica venne fatta mediante ruote idrauliche che non permettevano di utilizzare l'intero salto delle cascate.

Seguirono le turbine a libero efflusso; vennero poi le turbine a reazione, per dare alle officine che si erano stabilite sulle rive stesse del Niagara River una potenza meccanica che a quei tempi pareva enorme.

Nel 1881 la *Niagara Falls hydraulic Power and Manufacturing Co.* cominciava ad aumentare la zona della distribuzione dell'energia, servendosi della corrente elettrica, e con un impianto per

l'illuminazione con lampade ad arco, dava l'esempio della prima centrale idroelettrica del mondo.

Questa centrale numero 1 venne man mano ampliandosi e continuamente trasformandosi, finchè nel 1895, data che coincide colla fine del periodo storico dell'evoluzione dell'elettrotecnica, per affermare la sua completa adattabilità alla distribuzione della forza a distanza, sorgeva la centrale numero 2, che utilizzava l'intera altezza delle cascate e si serviva di turbine a reazione ad albero orizzontale, e generatori di corrente alternata ad alto potenziale ed ottimo rendimento.

Per i tecnici lo studio di questa centrale è di grande valore storico, poichè i 34,000 HP che ne formano la capacità sono trasformati mediante 15 turbine di tipo diverso, ed accoppiati a generatori di carattere e costruzione molto diversa.

Segue l'elenco di queste macchine, dei loro principali dati e dei consumatori a cui è distribuita questa energia.

Turbine	Kwatt	Volt	Fasi	Costruttore altern.	Consumatore
1	560	300		Westinghouse	Pittsburg Reduction Co.
2	560	300		Id.	Id.
3	560	300		Id.	Id.
4	560	550		General Electric	N. F. Brewing Comp.
	560	550		Id.	Niagara Gorge Railroad
	200	135		Id.	Niagara Electrolytic Co.
5	875	175		Id.	Id.
	1,000	11,000	3	Bullok Electric Co.	Id.
6	875	175		General Electric	
	1,000	325		Id.	Acker Processo Comp.
7	1,000	325		Id.	Id.
	1,000	325		Id.	Id.
8	750	300		Westinghouse	Pittsburg Reduction Co.
9	750	300		Id.	Id.
10	1,000	11,000	3	Bullok Electric Co.	Illum. Niagara Falls
	300	2,200		Walker Mfg. Co.	Id.
11	1,000	300		Westinghouse	Pittsburg Reduction Co.
	1,000	300		Id.	Id.
12	750	300		Id.	Id.
	750	300		Id.	Id.
13	750	300		Id.	Id.
	750	300		Id.	Id.
14	Eccitatrici alternatori			Id.	id.

Le linee della Compagnia alimentano molti stabilimenti industriali, per la maggior parte collocati attorno alla centrale stessa, poichè utilizzano per industrie elettrochimiche direttamente la corrente continua, che, com'è noto, non può innalzarsi ad un potenziale adatto per la trasmissione a lunga distanza.

Una parte della corrente alternata innalzata al potenziale di 11,000 Volt, è però trasmessa a stabilimenti industriali che distano di un ampio raggio dalla centrale.

I quadri di distribuzione della corrente continua e della corrente alternata, sono completamente separati, ed impediscono ogni inconveniente derivante dalla vicinanza degli apparecchi a bassa tensione con quelli ad alta tensione.

È difficile riassumere in una descrizione i particolari tecnici di questa centrale perchè troppo vari, comprendendo tutte le fasi della elettrotecnica, e non mostrando nulla di veramente nuovo.

Lo stato attuale della centrale non rappresenta la capacità totale della Compagnia, che ha cominciato la costruzione di una nuova stazione, che sarà collocata in corrispondenza del bacino inferiore delle cascate, e che avrà la capacità di 100,000 HP.

Le turbine ad asse orizzontale alimentate dalle condotte forzate saranno direttamente accoppiate con alternatori a corrente trifase, 25 cicli, 11,000 Volt, benchè separate da essi mediante una parete in muratura; la prima sezione di questa nuova stazione sarà in opera il 1° gennaio 1906.

Per fornire un'idea della potenza di questo primo impianto, e delle industrie che alimenta, inseriamo nella nostra relazione un cenno sugli impianti consumatori della energia elettrica generata da questa Compagnia.

Niagara Falls Brewing Company. — Stabilimento per la fabbricazione della birra, comandato interamente elettricamente, della capacità annua di 9000 barili, con potenti impianti refrigeranti.

Pettebone, Cataract Paper Company. — Stabilimento per la fabbricazione della carta della capacià di 25 tonnellate di cartagiornali e 20 tonnellate di pasta di legno.

Cliff Paper Company. — Stabilimento per la fabbricazione della carta e della pasta di legno.

W. M. A. Rogers Limited. — Stabilimento di grande importanza per la argentatura galvanica.

The Niagara Gorge Railroad Company. — Ferrovia elettrica costrutta per servizio dei touristi che intendono scendere nel bacino inferiore delle cascate e seguire il Niagara River per ammirarvi le bellezze naturali.

National Electrolytic Company. — Stabilimento elettrochimico per la fabbricazione del clorato di potassio, che riceve 2500 cavalli dalla stazione N° 2.

Acker Process Company. — Stabilimento elettrochimico per la produzione di soda caustica, cloruri decoloranti, tetracloruro di stagno, e tetracloruro di carbonio, con processi speciali brevettati. La potenza richiesta è di 3800 cavalli, sotto forma di *corrente continua* a 300 Volt e 9000 Ampère.

La Niagara Falls Hydraulic Power Co.

Poichè la parte inferiore del Niagara River, che segue le cascate, è incassata per tutta la sua lunghezza fino al lago Ontario, tra sponde ripidissime, in modo che non dà luogo ad aree sufficienti per la costruzione di centrali idroelettriche, il problema più naturale di derivare un canale dalla parte superiore del fiume e condurlo fino in corrispondenza della parte inferiore, per ivi scaricarlo mediante condotte forzate in una stazione centrale collocata a livello del bacino inferiore delle cascate, si presentava assai arduo.

Perciò la *Niagara Falls H. P. C.* ricorse al seguente sistema di impianto, che caratterizza alcune delle centrali del Niagara: un breve canale venne scavato, ad angolo retto col fiume, un miglio al di sopra delle cascate, sulla sponda americana, per condurre l'acqua in un capace bacino di carico, e convogliarla in condotte forzate verticali che scendono in pozzi raggiungenti il livello inferiore delle cascate, e da cui, dopo aver attraversato le turbine è scaricata, mediante un canale sotterraneo, della lunghezza di 2 km. nel bacino più basso delle cascate.

Le turbine a reazione, collocate in fondo a queste condotte for-

1. Centrale della Niagara Hydraulic Power Company. — 2. Centrale del Niagara Hydraulic Power and Manifacturing Company. — 3. Centrale della Toronto Power Company. — 4. Centrale del Canadian Niagara Power Company. — 5. Centrale dell'Ontario Power Company.

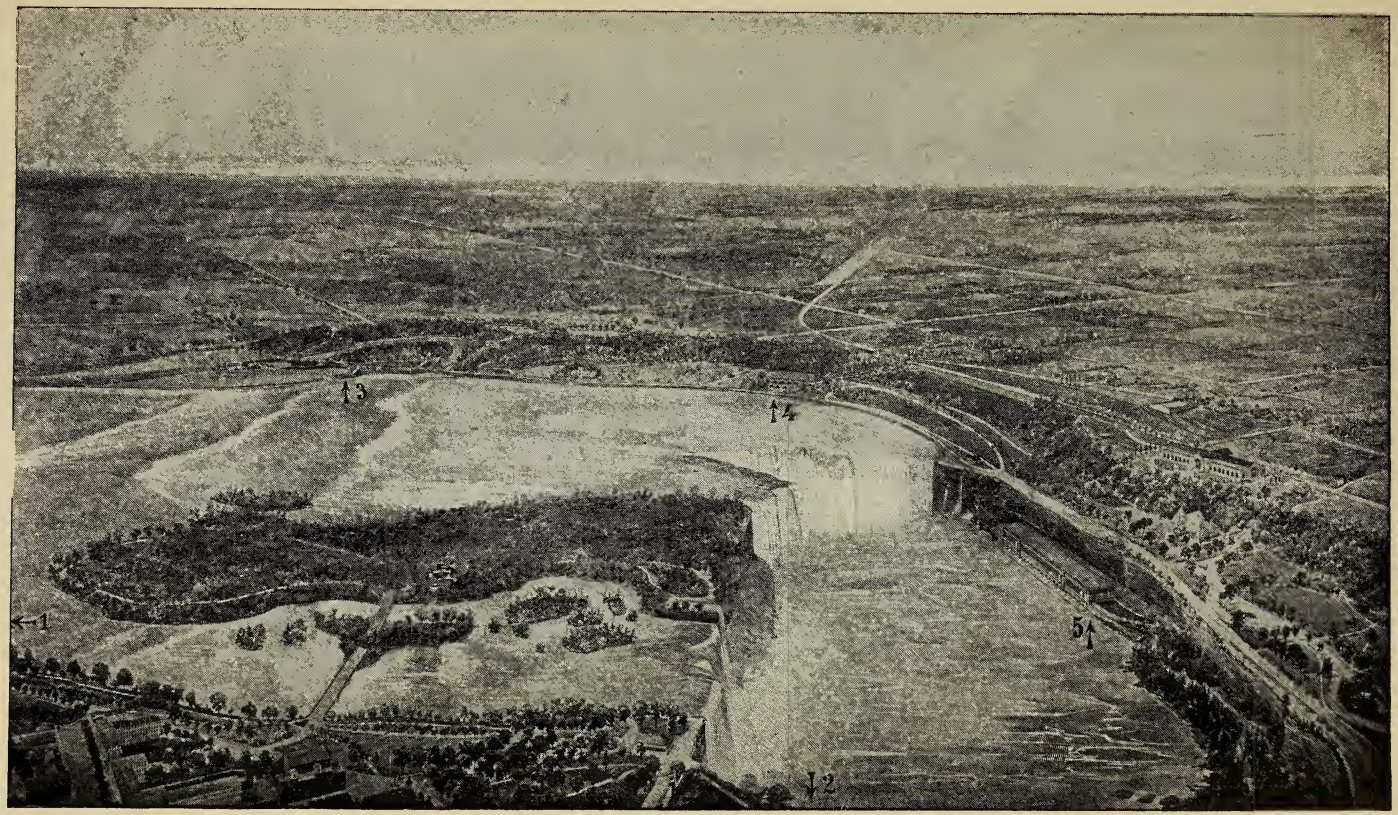


Fig. 30. — *Vista a volo d'uccello del gruppo delle centrali del Niagara.*

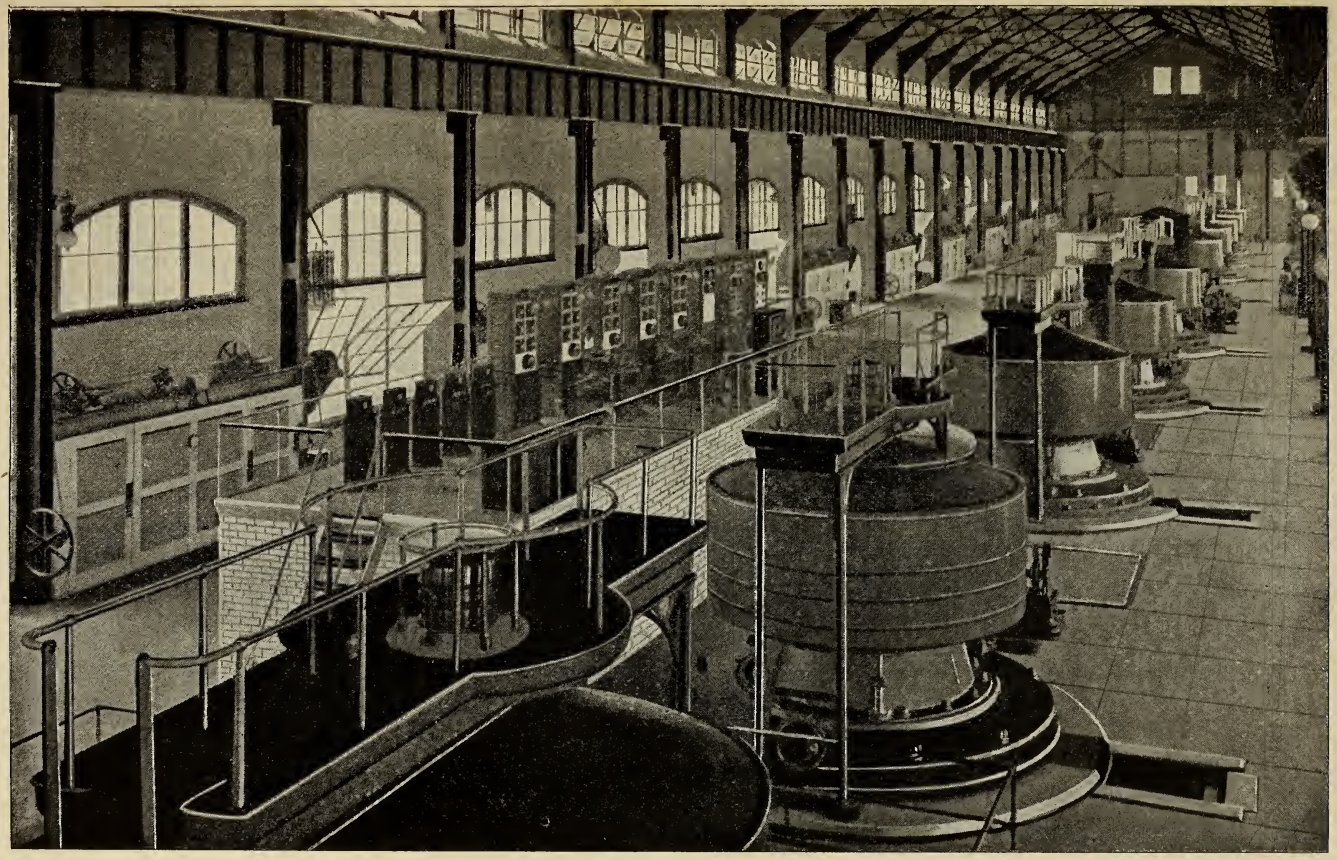


Fig. 31. — *Interno della centrale N.* 1.

zate, sono accoppiate mediante albero in acciaio, verticale, agli alternatori collocati nel salone della stazione generatrice.

Il sistema enormemente difficile e costoso per la sua esecuzione, ha dato risultati talmente soddisfacenti, specie per il fatto che le sponde del fiume sono formate di materiale roccioso assai compatto, che delle tre nuove centrali che stanno costruendosi attualmente, sulla sponda canadese, due seguono ancora questo sistema.

La centrale numero 1 che fu la prima ad essere costrutta, contiene 10 turbine ad asse verticale, accoppiate ciascuna ad un alternatore della capacità di 5000 HP. Quando questa prima centrale della capacità di 50,000 HP venne costrutta con un tunnel sotterraneo della capacità di 100,000 HP, fu parere generale dei tecnici che difficilmente le industrie elettriche avrebbero potuto richiedere una così grande somma di forza.

Ma a confutare queste opinioni scettiche, vennero in breve industrie che si crearono appunto per utilizzare questa forza idraulica a buon mercato, quali la elettrochimica e la trazione, che ben presto esaurirono la capacità della prima centrale, e richiesero che l'impianto si completasse colla seconda centrale, che sta appunto ora cominciando il suo esercizio.

Questa centrale, costruita collo stesso sistema della precedente, contiene 11 generatori della potenza di 5000 HP, però, mentre i primi alternatori erano a campo rotante esterno ed armatura interna, costruzione dovuta alla necessità di regolazione del moto delle turbine, nelle nuove unità il campo magnetico è interno con sensibili vantaggi di semplicità di costruzione e di accessibilità alle varie parti delle macchine.

Tutte queste unità sono costrutte per corrente alternata a 2200 Volt, due fasi, 25 cicli, 250 giri, e l'energia elettrica partendo dalle sbarre della centrale, si divide in tre distinte classi di servizi.

La prima è relativa alle officine nell'immediata vicinanza della centrale, che sono alimentate mediante cavi sotterranei al voltaggio di generazione. La seconda classe comprende le officine a

media distanza; queste sono alimentate a 11,000 Volt con corrente trifase, trasmissione sotterranea e trasformatori riduttori nel raggio di circa 3 km. dalla centrale. Ivi è convertita in corrente bifase a 2200 Volt e distribuita.

Il limite in cui sono compresi questi clienti è quello oltre il quale il costo del rame necessario per la trasmissione della corrente a 2200 Volt, è maggiore che non l'acquisto dei due trasformatori survoltatori e riduttori, necessari per questa trasmissione a 11,000 Volt.

Appartengono alla terza classe le trasmissioni a lunga distanza, per cui la corrente bifase a 2200 Volt è trasformata in trifase a 22,000 Volt, ed è trasmessa mediante linea aerea a punti assai distanti dalla Niagara Falls, come Buffalo, Petonawanda e Lockpord.

Questi circuiti hanno la lunghezza di 33 chilometri, e sono parte in alluminio e parte in rame.

I circuiti che vengono derivati mediante questi tre gruppi possono dar luogo ai seguenti sistemi:

25 periodi.

2,000 Volt — trifase;
110,000 Volt — trifase;
22,000 Volt — trifase;
4,500 Volt — trifase;
350 Volt — trifase;
350 Volt — bifase;
100 Volt — monofase;
30 Volt — monofase.

60 periodi.

2,200 Volt — bifase;
8,000 Volt — monofase (archi);
110 Volt — bifase.

125 periodi.

2,200 Volt — monofase;
8,000 Volt — monofase (archi).

Niagara Hydraulic Power Company.

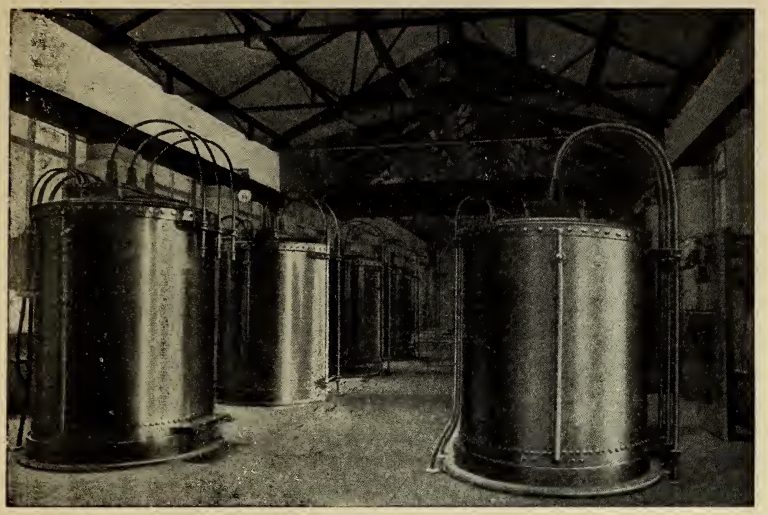


Fig. 32. — *Stazione di trasformazione.*

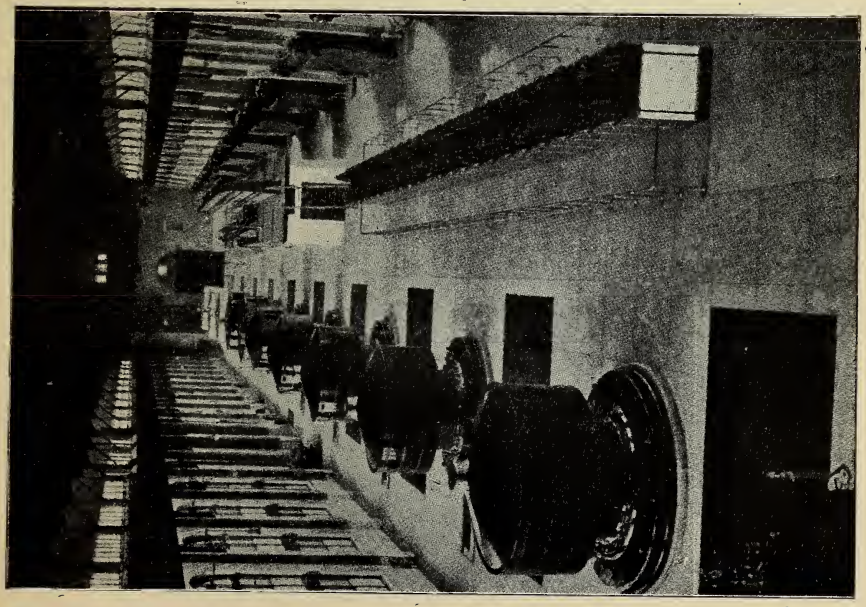


Fig. 33. — *Interno della centrale N. 2.*

Corrente continua.

100 Volt	130 Volt;
160 Volt	250 Volt;
550 Volt	8,000 Volt — (archi).

La *Niagara Falls Power Company* ha esercitato una grande influenza nello sviluppo delle industrie nella regione del Niagara, importandovi industrie elettrochimiche, che traggono il loro elemento principale dal mite prezzo della energia elettrica, che altrimenti non avrebbero mai potuto produrre industrialmente i loro prodotti.

Nuovi processi sono stati tentati in queste condizioni favorevoli, e la fabbricazione di alcuni prodotti, come il *carborundum* e l'*alundum*, è esclusiva per le Compagnie che ricevono la energia dall'impianto del Niagara.

La trazione elettrica si è sviluppata in modo sensibile e nella regione vi è una densa rete di ferrovie elettriche per turisti e viaggiatori.

I capitali impiegati in questo impianto trovano appena ora un premio in quanto riguarda la vendita della energia, poichè ora solo è possibile dare all'impianto la capacità totale per cui grandiose opere idrauliche furono costrutte.

Il sistema adottato ha richiesto un capitale iniziale troppo superiore ad una buona media per cavallo effettivo prodotto nel primo periodo di esercizio, per il fatto che le opere idrauliche, consistenti in profondi pozzi e lunghe gallerie dovettero fin dal cominciare dei lavori essere costrutti per un impianto di potenzialità doppia, quale appena ora può funzionare con probabilità di successo.

È noto però come buona parte delle industrie alimentate da questo impianto siano dipendenti finanziariamente dalla Niagara Power Company che cerca in questa interessenza di rendere più attiva la sua gestione.

Gli stabilimenti industriali più importanti, che derivano la loro energia dalle centrali comandate, sono i seguenti:

Niagara Falls, N. Y.	Potenza in cavalli	Distanza in miglia
The Pittsburg Reduction C.	8000	0 46
The Carborundum Company	5000	0 38
Union Carbide Company	15000	2
Niagara Electro-Chemical C.	2000	0.75
Niagara Falls Lighting C.	1000	0.14
International Railway C.	1500	
The Niagara Falls Water Works Company, hydraulic power	300	
International Paper C., hydraulic pover	8000	
Castner Electrolytic Alkali C.	7000	0.85
Niagara Development C.	100	1.23
Oldbury Electro-Chemical C.	1500	2.18
Electrical Lead Reduction C.	500	0.19
International Acheson Graphite C.	1000	0.28
Acetyvone Manufacturing C.	50	0.95
Roberts Chemical C.	500	1.90
Francis Hook and Eye Fastener C,	15	0.47
Norton Emery Wheel C.	650	0.95
The Natural Food C.	1500	0.66
Ramapo Iron Works.	500	1.70
By-Products Paper Company	500	0.19
Composite Board C.	200	0.34
Atmospheric Products C.	50	0 47
Niagara Research Laboratories	500	0.28
Niagara Falls, Ontario.		
A. C. Douglass, contractor	400	3
M. P. Davis, contractor	300	3.7
A. C. Jenckes, contractor,	200	3.5
The Carborundum C.	200	3.6
Niagara St.-Catharines and Toronto Ry.	500	3.8
Lighting C.	500	3.4
Tonawanda.		
International Railway C.	1500	
Tonawanda Board and Paper C.	1200	15
Buffalo Bolt C.	160	14
Philip Houck Milling C.	142	14
F. J. Alliger C.	107	15
Adamite Abrasive C.	50	14.5
Orient Manufacturing C.	20	14
Felton School.	22	14

Niagara Hydraulic Power Company.

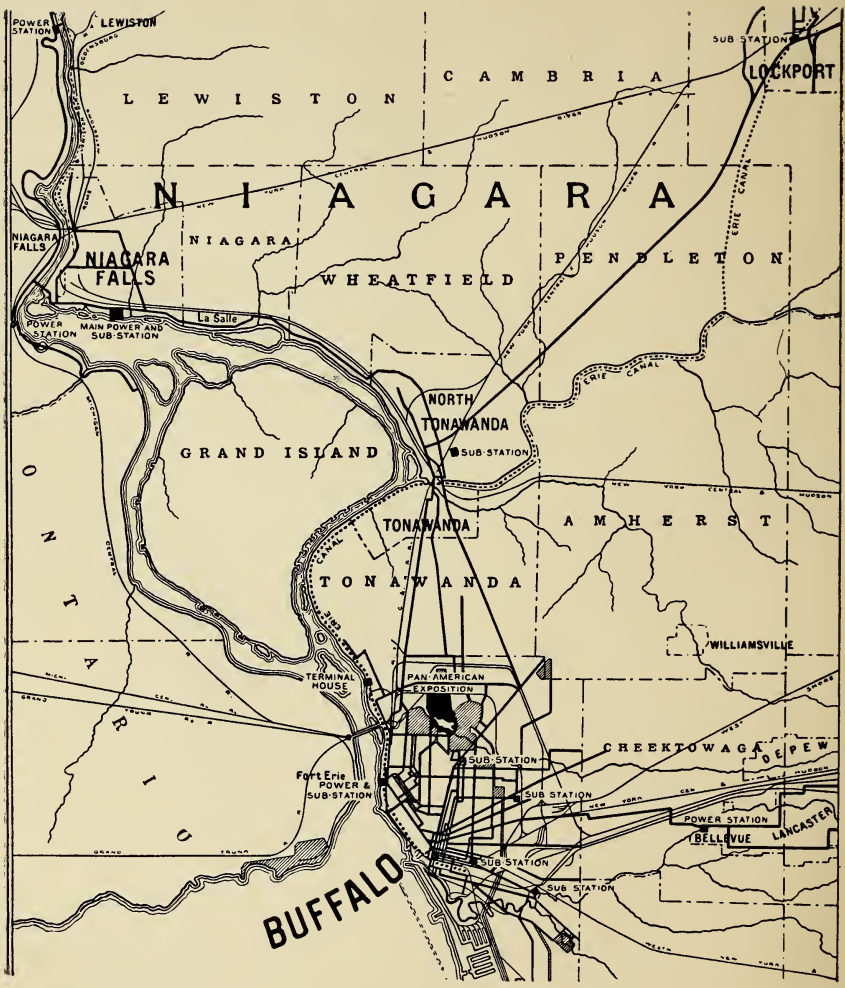


FIG. 34. — *Planimetria della distribuzione.*

Lockport.	Potenza in cavalli	Distanza in miglia
Lockport Lighting C.	500	25
International Railway C.	1000	26
Olcott.		
International Railway C.	1000	39
Buffalo.		
Buffalo Railway C.	7000	27
Buffalo General Electric C.	6000	27.6
The Charles G. Curtiss C.	125	25.5
Mc Kinnon Dash C.	100	24.4
Pratt & Letchworth.	233	24.5
W. W, Oliver Manufacturing C.	15	24.7
Acme Stell and Malleable Iron Works.	50	24.8
N. Y. Car Wheel Works.	200	24.3
National Battery C.	90	26.3
Standard Plaster C.	100	25.5
Great Northern Elevator C.	900	29.5
Buffalo Ery Dock C.	133	30
Electric Grain Elevator.	200	30.7
Barcalo and Boll Manufacturing C.	60	30
Schoellkopf & C.	50	30
Iron Elevator and Transfer C.	165	30
Great Eastern Elevator.	900	30
Sidney Shepard & C.	100	30
J. I. Prentiss & C.	30	29
Edward Elsworth & C.	150	30
American Agricultural Chemical C.	125	32
Jacob Dold Packing C.	100	32.5
Empire Bridge C.	90	33
Buffalo Elevating C.	950	29
John Kam Malting C.	225	24.3
American Brake Shoe and Foundry C.	40	33.2
Buffalo Cereal C.	375	30.3
Taylor Signal C.	65	25.5
Snow Steam Pump Works	150	33.3
Wood & Brooks C.	100	24.4
U. S. Rubber Reclaiming Works	995	31.7
American Radiator C.	200	24
Cumpson-Prentiss Coffee C.	30	29.1
Duffy Brothers & Nellis.	50	33.5
Buffalo Foundry C.	240	35.1

	Potenza in cavalli	Distanza in miglia
H. O. Mills	255	29.3
Kewett Manufacturing C.	30	24.8
Buffalo Pitts C.	187	35.5
Buffalo Brake Beam C.	30	25
Buffalo Dental Manufacturing C.	20	35.5
Keystone Manufacturing C.	25	24.8
R. L. Ginsburg & Sons	33	34
Buffalo Weaving and Beltig C.	65	25.5
H. W. Dopp & C.	10	25
Frontier Iron Works	15	25
The Crosby C	30	33
Lachawanna Steel C.	70	29.4
West Manufacturing C.	40	28
Buffalo Gasoline Motor Works	20	25
Pratt & Lambert	10	24.5
Wegner Machine C.	40	29
Spencer Kellogg Company	500	29 2
Hygiene Food C	300	32.3
Collins Making C.	50	33.2
George Urban Milling C.	450	34.5
Niagara Mill and Elevator C.	100	26
D, L. & W. R. R. Shops	150	34.5
Ryder Belt and Cordage C.	65	24.7
United States Headlight C.	40	26
George E. Laverack Building	100	28.2
Buffalo Structural Steel C.	30	26
J. N. Adam & C.	100	28.
Genesee Hotel.	100	28.1

La distribuzione nella città di Buffalo.

Come nello studio delle centrali a vapore, ci siamo serviti di una distribuzione tipo, per riassumerne i caratteri — così, per parlare di una distribuzione ad alto potenziale derivante la sua corrente da centrali idroelettriche, — accenniamo alla distribuzione in Buffalo, che è la città degli Stati Uniti che assorbe maggior energia idro-elettrica.

Lo studio economico della situazione delle condizioni del mercato rispetto all'energia elettrica e le altre forme di energia è di

un certo interesse in questa città, poichè il prezzo del carbone è ivi minimo, raggiungendo il prezzo di 10 lire per tonnellata. Il gas naturale di alta potenza calorifica si vende a lire 0.05 per metro cubo, ed il gas per illuminazione al prezzo di lire 0.17 per metro cubo.

Malgrado questa concorrenza, la centrale della Niagara Falls Power Company ha potuto impiegare in Buffalo, dopo appena quattro anni, la potenza che s'aggira intorno ai 30,000 cavalli.

La vendita e la distribuzione della corrente elettrica fu assunta dalla General Electric Company, Cataract and Conduit Power Company, e International Traction Company, che la ricevono alla stazione terminale di Buffalo, a 22,000 Volt, corrente alternata trifase, a 25 cicli. In questa stazione terminale tutta l'energia trasmessa è trasformata, per cura della Cataract Power Company, a 11,000 Volt, distribuendola poi in parte alle due altre Compagnie che la utilizzano a scopo d'illuminazione e di trazione.

Le industrie di Buffalo sono pressochè tutte azionate, per quanto riguarda la forza motrice, da motori elettrici, che assorbono una potenza totale che s'aggira intorno a 18,124 cavalli. La distribuzione normale nella città è fatta con corrente alternata trifase a 2200 Volt, 25 cicli.

I consumatori in via normale riducono coi propri trasformatori la tensione a quella più adatta per i loro motori; fanno eccezione i motori di grande capacità, che sono alimentati direttamente a 2200 Volt. Dal giorno in cui venne posta a disposizione degli industriali l'energia elettrica, 36 grandi consumatori hanno abbandonato il loro impianto a vapore, per utilizzare i vantaggi economici e di esercizio dei motori elettrici. Tredici grandi manifatture si sono trasportate da altre regioni, in Buffalo, unicamente per servirsi della corrente elettrica.

Il numero totale dei consumatori di grande capacità ammonta a 73, i quali consumano 18,000 cavalli, ed alimentano 18,642 lampade ad incandescenza, 42 di questi consumatori hanno motori di capacità superiore ai 100 HP, 11 superiore ai 500, 3 di 1000 cavalli ed un solo motore raggiunge la potenza di 2000 HP.

Uno studio particolare delle industrie esercite da questi consumatori, sarebbe molto istruttivo per determinare in quali casi la corrente elettrica si presta ad azionare stabilimenti interi, e con quali risultati.

Uno dei più grandi consumatori però è la Municipalità stessa, che ha applicato l'energia elettrica nell'officina per l'aspirazione, filtrazione, e compressione dell'acqua potabile, destinata ad usi cittadini. I motori accoppiati alle pompe hanno la potenza di 1500 HP.

Non ci fu possibile di determinare il fattore di carico di questa distribuzione, ma possiamo riconoscere che esso sta nei limiti delle distribuzioni ordinarie, poichè rimarchiamo che la capacità dei trasformatori è sensibilmeute minore di quella dei motori e lampade pubbliche funzionanti nell'impianto.

Questo è uno dei grandi vantaggi che un impianto idro-elettrico può realizzare per aumentare i redditi preventivati dall'energia, per quanto non continuamente utilizzata.

Ad esempio, la Iron Elevated & Transfer Company ha un trasformatore della capacità di 307 Kwatt, mentre i suoi motori hanno una capacità di 885 HP, in parallelo con 1300 lampade ad incandescenza.

I motori utilizzati in queste reti sono ordinariamente del tipo ad induzione, mentre i motori dell'impianto municipale sono sincroni.

È notevole ancora il considerare, rispetto al carattere generale delle distribuzioni americane, che normalmente le sotto-stazioni, quando sono alimentate da centrali a vapore, usano convertitori, mentre nel presente caso, in cui l'alimentazione è fatta da centrali idro-elettriche, sono assai rari i casi di trasformazione della corrente alternata in corrente continua.

Su 20 impianti, a cui venne fatto richiesta in merito, la corrente alternata non viene utilizzata direttamente che in 4 o 5 impianti, che la convertono in corrente continua, per uso di elettrochimica o di illuminazione.

Dal numero assai scarso di motori che utilizzano una così grande

capacità, appare come la tendenza delle applicazioni dei motori elettrici alle officine, sia quella di comandare intere sezioni di stabilimenti, con motore di grande potenza, piuttosto che azionare ogni singola macchina operatrice col proprio motore.

Un altro dato tecnico che ci reca questa distribuzione è quello, che per i servizi di illuminazione la corrente alternata a 25 cicli è perfettamente adatta, malgrado il parere contrario di molti tecnici. Ci è pure confermato da questo impianto, che in questi casi di bassa frequenza è bene alimentare le lampade ad incandescenza a 220 Volt.

La richiesta di energia elettrica va continuamente crescendo, e mentre nel 1902 vennero distribuiti dalla Compagnia 57,920,580 Kwatt-ora, nel 1903 vennero distribuiti 64,901,080 Kwatt-ora.

Questa quantità di lavoro corrisponde a quella che produrrebbero 129,802 tonnellate di carbone bituminoso, nella ragione di 2 chilogrammi per ogni Kwatt-ora, e poichè nello stesso anno vennero importate in Buffalo 3,104,623 tonnellate di carbone, appare come la quantità di carbone che venne sostituita dall'elettricità rappresenti appena il 4 per cento di quella ancora attualmente consumata; è quindi a prevedere che appena le grandi centrali del Niagara saranno in grado di buttare sul mercato 500,000 HP, una larga quantità di questi sarà utilizzata da Buffalo, che forse avrà la convenienza di limitare l'uso del carbone alla produzione del calore, nel qual caso attualmente l'elettrotecnica non è in caso di sostituire i combustibili.

Delle tre Compagnie interessate nella distribuzione ed uso della corrente elettrica del Niagara, due di esse, la " Cataract Company „ e la " General Electric Company „, se ne servono a carico costante durante tutto l'anno, mentre la Compagnia della trazione fa funzionare in parallelo una stazione a vapore, dal mese di ottobre fino al mese di maggio, dalle 6 antimeridiane fino a mezzanotte, coll'aiuto di batterie accumulatori a repulsione.

Ci riferiamo ai diagramma delle sotto-stazioni di queste tre Compagnie, per alcune considerazioni che ci paiono utili per l'esercizio simultaneo ai servizi d'illuminazione, potenza, trazione.

La curva di carico della Cataract, dal 1° maggio al 1° ottobre, comprende i carichi della General Electric e della Trazione.

Il suo minimo carico di 6100 HP corrisponde alle 5 antimeridiane, ed il massimo di 17,300 alle 8. 45 pomeridiane.

Il rapporto fra questi due valori è 35. 2. Questo diagramma, confrontato con quello di altre stazioni centrali, mostra un andamento assai più regolare, ed indica come il carico di illuminazione sia assai piccolo di fronte ai carichi di potenza e trazione. Il punto di massimo figura altresì leggermente spostato.

La curva di carico della General Electric Company per un periodo giornaliero, corrispondente al 20 luglio 1904, mostra invece un alto carico di luce di fronte ad un debole carico di potenza. Il suo massimo corrisponde a 5555 cavalli alle 8. 30 pomeridiane, ed il suo minimo di 875 verso le 6 antimeridiane. Il rapporto fra minimo e massimo carico è intorno a 15. 7 per cento.

Nel diagramma della Compagnia di trazione, corrispondente al 29 giugno 1904, comprendente la carica delle batterie d'accumulatori, il massimo di 7500 HP è raggiunto alle 6 pomeridiane; durante questo periodo 3752 HP sono sopportati dalle batterie d'accumulatori e i rimanenti 5700 dall'impianto del Niagara. Il minimo carico, che è di 1667 HP, corrisponde ancora alle 5 antimeridiane.

Confrontando questi diagramma, appare come durante i mesi estivi circa una metà del carico, che proviene dal Niagara, è usato per illuminazione privata e trazione, e l'altra metà è consumata da stabilimenti industriali.

I diagrammi invernali pure riprodotti fanno vedere come le batterie d'accumulatori dell'impianto trazione, e l'impianto termico, permettono all'impianto del Niagara di sostenere il carico normalmente aumentato, e fanno riconoscere la grande importanza delle batterie d'accumulatori a repulsione, che, forse installate in più larga scala, concederebbero all'impianto di trazione di servirsi unicamente della potenza del Niagara con un carico corrispondente ad 8,000 HP.

Niagara Hydraulic Power Company.

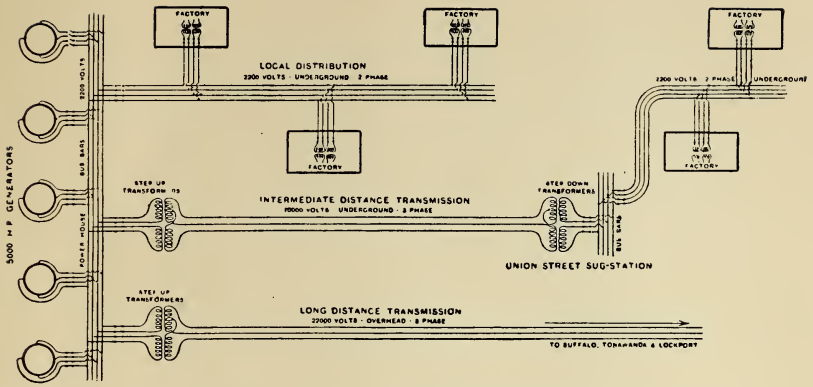


FIG. 35. — *Schema generale della distribuzione.*

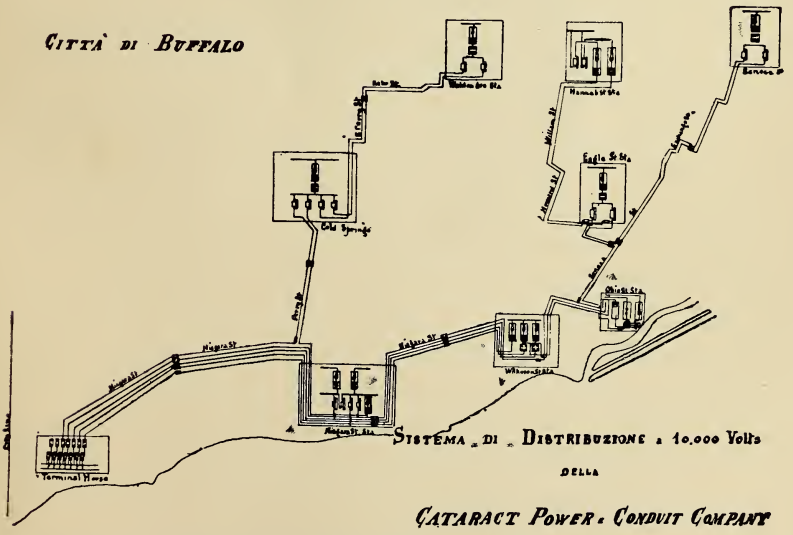


FIG. 36. — *Sistema di distribuzione a* 10000 *volts della Cataract Power and Conduit Company — Buffalo.*

La distribuzione.

L'energia è distribuita dalla Cataract Company mediante la stazione terminale e tre altre sottostazioni.

Dalla stazione terminale alle sottostazioni, l'energia è trasmessa a 11,000 Volt, mentre la distribuzione ai privati, partente sia dalla stazione terminale che dalle sottostazioni, è fatta a corrente trifase a 2200 Volt e 25 cicli.

La stazione terminale contiene 9 trasformatori ad aria, rapporto 11000/2200 Volt, della capacità di 250 Kvatt. Nelle altre sottostazioni sono raccolti 42 trasformatori ordinariamente a ventilazione forzata, della capacità di 250 Kwatt. La capacità totale di questi trasformatori è 12,600 Kwatt.

La Buffalo General Electric Company riceve la corrente nella stazione della Wilkeson Street mediante 21 trasformatori della capacità di 250 Kwatt, rapporto trasformazione 11000/352 Volt, sotto carico di illuminazione.

La capacità totale di questi trasformatori è di 5250 Kwat, parte di questa potenza è mandata a convertitori rotanti, che azionano dinamo in serie per illuminazione ad arco.

La capacità del sistema a tre fili per illuminazione ad incandescenza è di 1200 Kwatt, mentre le dinamo per le lampade ad arco hanno la capacità complessiva di 1689 Kwatt.

La corrente elettrica per illuminazione viene pure distribuita a 2200 Volt, 62 cicli, bifase, per illuminazione ad arco. Questa stazione che è di grande interesse come stazione centrale convertitrice per servizio di illuminazione, distribuisce corrente trifase, a 2200 Volt, 60 cicli, per distribuzione ad arco ed incandescenza, mediante trasformatori a corrente continua; a 500 Volt, per motori elettrici corrente continua; a 250 volt, con sistema a tre fili, per illuminazione dei privati e distribuisce corrente monofase raddrizzata per archi in serie, destinati all'illuminazione pubblica delle vie.

Il sistema di lampade usato è quello delle lampade ad arco chiuse, ormai generalizzato negli Stati Uniti.

Segue una tabella che indica la capacità di questi circuiti nel mese di dicembre degli ultimi 4 anni.

DICEMBRE	Numero lampade ad arco	Kwatt-ora corrente continua 500 Volt	Kwatt-ora corrente alternata trifase 2200 V. 60 cicli	Kwatt-ora 250 Volt
1900	2500	63,000	300,000	150,000
1901	2200	15,000	500,000	250,000
1902	2900	90,000	650.000	300,000
1903	3038	135,000	800,000	350,000

Per equilibrare il sistema a tre fili, la Compagnia ha una batteria d'accumulatori di 150 elementi, capace di fornire 3000 lampade per un'ora e mezzo.

La natura del carico sostenuto dalla Buffalo General Electric Company, è indicato dalla seguente tabella:

Lampade ad arco in serie per Buffalo	N.	2,759
Lampade ad arco in serie ad uso privato.	»	245
Lampade ad arco in serie pei sobborghi	»	104
Lampade ad arco a corrente continua	»	596
Lampade ad incandescenza da 16 candele a corrente continua	»	30,008
Lampade ad arco corrente alternata in parallelo . . .	»	1,415
Lampade ad incandescenza da 16 candele a corrente alternata	»	88,641
Potenza complessiva in HP dei motori.	»	3,085

La International Railways Company riceve la corrente alternata a 11,000 Volt, 25 cicli, dalla stazione terminale, e la converte in corrente continua, 600 Volt, in 4 sottostazioni, di cui una è collocata in prossimità del massimo centro di carico, e contiene 4 trasformatori trifasi di 1000 Kwatt, 4 convertitori rotanti a 6 fasi di 1000 Kwatt e 2 batterie d'accumulatori, ciascuna di 288 elementi, della capacità di 1300 Kwatt per un'ora. Ciascun trasformatore è unito ad un convertitore, formando un gruppo indipendente.

Il sistema di regolazione automatico delle batterie d'accumulatori è il sistema Eutz, che mantiene la fluttuazione nel limite del 10 per cento.

La conduttura a 600 Volt è sotterranea, ed ha la lunghezza di 48 miglia, di cui 18 isolate in carta, e 30 in gomma. Ad intervalli di circa un miglio sono collocati interruttori ad olio con scatola di unione, in modo da separare assolutamente ogni sezione di cavo danneggiata. In connessione a questo sistema si hanno nelle sottostazioni relais interruttori a tempo.

La distanza della stazione terminale di Buffalo dal Niagara, è di circa 30 chilometri, su cui si estendono 3 linee in parallelo; due di esse sono montate sugli stessi pali e sono in conduttori di rame; per obliterare i fenomeni ad induzione, questi due circuiti sono incrociati 5 volte. Il terzo circuito è a condutture di alluminio. La capacità di ciascuna di queste linee è di 10,000 cavalli, con una perdita del 7 per cento in potenza. Gli scaricafulmini che proteggono la stazione centrale sono del tipo a distanze multiple. Gli interruttori sono in parte a rottura di arco nell'aria, parte a rottura di arco nell'olio.

Un commutatore connette ciascun circuito all'uno od all'altro dei due sistemi di sbarre. Con ciascuno di questi sistemi di sbarre si possono collegare i trasformatori riduttori monofasi, connessi mediante altri interruttori in gruppi di tre. I secondari a 11,000 Volt, sono pure connessi a due diversi sistemi di sbarre. Questi due sistemi di sbarre a 11,000 Volt sono controllati da 7 riparti del quadro di distribuzione, in cui sono posti i wattimetri indicatori e registratori, e gli interruttori automatici. Per la riduzione del voltaggio da 22,000 a 11,000 volt, vi sono usati, per ciascuna linea, tre gruppi di trasformatori, della capacità ciascuno di 2250 Kwatt. Questi nove trasformatori sono tutti del tipo ad olio con circolazione d'acqua, e connessioni a triangolo; tosto completato l'impianto della Canadian Niagara Power Company, raggiungerà con una delle sue linee questa stazione terminale, che si amplierà di molto.

Devo alla cortesia del signor C. C. R. Huntley, direttore ge-

nerale delle tre Compagnie incorporate, e del signor H. Alverson, direttore tecnico, il permesso di visitare e studiare le stazioni ed i sistemi di distribuzione.

La Electrical Development Company di Ontario e la Toronto e Niagara Power Company.

Per quanto il campo di azione di questa Compagnia ed i suoi capitali siano Canadesi, pure crediamo utile di occuparci degli impianti che sta costruendo sulla sponda canadese del Niagara River, per la influenza che questi eserciteranno tecnicamente e finanziariamente sulle centrali elettriche degli Stati Uniti, ed in ispecie su quelle Compagnie che alimentate da capitali americani, stanno pure costruendo centrali elettriche per la utilizzazione della potenza idraulica delle Cascate del Niagara.

Le industrie che utilizzano la potenza elettrica, si erano concentrate sulla sponda meridionale del Niagara River, per servirsi della energia elettrica generata dalle due maggiori centrali elettriche della Niagara Falls Hydraulic Power Company, e della Niagara Falls Power Company, dando luogo a un meraviglioso incremento di città e di ferrovie.

La costa canadese, invece, per la minore audacia dei capitalisti inglesi, le difficoltà idrauliche e le necessità doganali che impedivano agli industriali degli Stati Uniti di occupare questa regione, era rimasta fino ad oggi priva di impianti idroelettrici, e delle relative industrie, per quanto appartenesse al Governo canadese la più potente delle due cascate che uniscono il lago Erie all'Ontario.

Quando gli impianti della California e del Messico dimostrarono come le trasmissioni a grandi distanze a potenziali elevatissimi fossero possibili, e non dessero luogo a maggiori inconvenienti delle trasmissioni a voltaggi normali, gli industriali di Toronto ed Ontario, ritennero possibile di utilizzare la potenza idraulica delle grandi cascate.

Un Sindacato composto dei signori F. Nicholls, H. M. Pellat e Wm. Mackenzie aveva previsto la possibilità di diffondere su una

grande area sotto forma di elettricità parte della energia idraulica della Horse shoe Fall con buoni risultati commerciali, ed il 29 gennaio 1903 si assicurava dal Commissariato per il Parco Regina Vittoria delle cascate del Niagara, il diritto di derivare acqua dal Niagara River al Tempest Point (vedi pianta topografica) allo scopo di generare corrente elettrica fino alla potenza di 125,000 cavalli.

Incorporatosi nel febbraio seguente la Electrical Development Company di Ontario, mediante lettere di patente emesse dalla legislatura di Ontario, con dollari 6,000,000 di capitale, i suoi azionisti in assemblea 21 marzo 1903 deliberavano di acquistare la concessione del sindacato suaccennato.

Per quanto nello stesso tempo la Canadian Power Company e la Ontario Power Company avessero ottenuto dal Commissariato nuove concessioni e scelte le ubicazioni più convenienti per i loro impianti di colossale potenza, la Electrical Developement decise di continuare nella impresa, e di iniziare immediatamente i lavori, ingaggiando quella lotta che sta ora manifestandosi nella febbrilità in cui stanno continuando, e che certamente condurrà a risultati di grande interesse quando la energia elettrica potrà essere generata e distribuita in quantita enorme, su un mercato a consumo limitato.

Gli ingegneri della Compagnia scelsero come punto iniziale della breve derivazione del canale di carico, una baia che specialmente rispetto alle grandi masse di ghiaccio che seguono le rapide al principio della primavera, offriva maggiori garanzie di sicurezza per le opere idrauliche e la centrale idroelettrica. Il tipo di centrale scelto era analogo a quello delle centrali della costa meridionale, cioè a turbine idrauliche ad asse verticale, collocate alla base di pozzi, mentre gli alternatori direttamente accoppiati con lunghi alberi verticali, stanno nella centrale collocata superiormente. Il canale che per lo scarico delle acque unisce il fondo dei pozzi nel bacino inferiore delle cascate, doveva essere assai più breve che non quello delle Compagnie americane.

Intanto veniva organizzata dallo stesso Sindacato una seconda Compagnia, la Toronto and Niagara Power Company, col diritto di trasmettere energia elettrica e diritto di espropriazione dei terreni necessari per questa distribuzione.

Per prevenire ogni concorrenza ed assicurarsi una delle più fruttifere industrie utilizzanti le energia elettrica, la Compagnia acquistava una striscia di terreno della lunghezza di 110 chilometri, della larghezza di 24 metri compresa tra Niagara Falls e Toronto, rappresentante la linea più diretta tra la città di Toronto e Burlington Beach, presso Hamilton e tra Burlington Beach e Niagara Falls, allo scopo di stabilirvi appena in possesso della corrente una ferrovia elettrica a doppio binario tra i due punti.

Allo scopo poi di accaparrarsi le industrie che sarebbero sorte in vicinanza delle cascate, la Compagnia acquistava 216,000 metri quadrati di terreno nella migliore delle ubicazioni presso il Chippewa River (vedi planimetria).

Le opere idrauliche vennero iniziate nell'aprile 1903, mentre quasi contemporaneamente si iniziavano le costruzioni delle linee di distribuzione.

La costruzione dell'argine che doveva porre a secco 44,000 metri quadrati di sponda per la costruzione della diga del canale della centrale, dimostrò quanto terribile fosse la lotta cui si erano cimentati gli ingegneri delle Compagnie, scegliendo il Tempest Point come sede della stazione.

La diga che allo stato attuale (14 novembre 1904) ha raggiunto circa la metà della sua altezza, sarà in calcestruzzo, con rivestimento in granito, per la lunghezza di 225 metri, ad angolo di 60° colla linea della centrale. Lo scarico dei ghiacci avverrà attraverso uno scaricatore guidato da muraglioni altissimi di calcestruzzo.

La centrale idroelettrica della lunghezza di 150 metri, e larghezza 21 metri, sarà costrutta in granito e allineandosi parallelamente all'asse del fiume, colla sua architettura si armonizzerà al paesaggio.

Attraverso a griglie e saracinesche, comandate da motori elettrici, l'acqua passa dal bacino superiore, munito di appositi scaricatori, alle condotte forzate verticali di acciaio, del diametro di 3. 15 metri, che sono rizzate in una camera della lunghezza di 125 metri, larghezza di 7, e profondità di 50 metri, scavata nella roccia e rivestita in muratura.

Le turbine ad asse verticale sono unite con un albero cavo in acciaio della lunghezza di 34.50 metri agli alternatori superiori. Tutto il peso delle parti mobili della turbina e dell'alternatore si scarica su supporti ad olio compresso da pompe autonome.

La sala macchina conterrà 11 generatori della capacità di 8000 Kwatt, a campo magnetico interno rotante, con 12 poli, a 250 giri, e generanti corrente trifase a 25 cicli e 12,000 Volts. Il peso di ciascun generatore sarà di 200 tonnellate, e quello del loro campo magnetico rotante 70 tonnellate.

La stazione contiene ancora due eccitatrici del campo magnetico degli alternatori, a 125 Volts e 300 Kwatts, connesse a turbine e 3 eccitatrici azionate da motori ad induzione.

L'acqua di scarico delle turbine è condotta all'estremità inferiore delle cascate tra due gabbie sotterranee, la cui costruzione, specie in prossimità dell'incontro delle cascate fu assai difficile e venne condotta mediante esplosione di mine di dinamite.

La corrente generata a 12,000 Volts è trasmessa ad una stazione terminale collocata a circa 450 metri dalla stazione generatrice, dove serie di trasformatori la trasformeranno a 40, 50, 60 mila Volts. I circuiti locali sono alimentati a 12,000 Volts.

La linea elettrica che unirà Niagara Falls a Toronto, si distenderà su una striscia di terreno della larghezza di 24 metri, fin d'ora acquistata dalla Compagnia.

Le linee che raggiungeranno Toronto saranno formate da quattro circuiti trifasi a 60,000 Volts, sostenuti da torri in acciaio, capaci ognuna di due circuiti; le tesate saranno di 120 metri. Gli isolatori scelti, saranno in porcellana bruna, e saranno collocati su pali in acciaio.

La conduttura sarà formate da corde in rame.

La Canadian Niagara Power Company.

Questa Compagnia che fino dal 1892 formandosi aveva acquistato il diritto dal Commissariato del parco Regina Vittoria delle cascate del Niagara di utilizzare le acque del Niagara River, me-

diante canali, condotte forzate e centrali, si alleava colla Niagara Falls Power Company, per produrre e distribuire sulla costa canadese e americana, come sussidio all'impianto precedente, 110,000 cavalli elettrici.

Questa fu la prima Compagnia a stabilirsi sulla riva nordica delle cascate.

La centrale attualmente in costruzione sarà tecnicamente simile a quella descritta della Niagara Falls Power Company, ed è collocata a circa 750 metri dalla Horse Shoe Fall.

L'acqua è derivata dal fiume mediante un breve canale e bacino di carico ed immessa mediante condotte forzate in turbine idrauliche collocate alla loro estremità inferiore, da cui viene scaricata mediante un tunnel della lunghezza di 600 metri nel bacino inferiore delle cascate.

La caratteristica più importante di questo impianto è di avere i più potenti generatori elettrici mai costrutti che avranno la potenza di 10,000 cavalli, e saranno in numero di 11.

Queste unità vennero adottate per ragioni di economia di ordine elettrico e meccanico. Poichè le unità di 10,000 HP occupano poco maggiore spazio che non le unità di 5000, ne risulta una grande riduzione nella lunghezza della centrale e del pozzo di scarico. Il costo specifico per cavallo elettrico è considerevolmente minore che non in generatori di minore potenza.

Questi alternatori poi, ad asse verticale, sono costrutti per corrente trifase 25 cicli, e 11,000 Volts. Questo alto voltaggio è stato scelto per ragioni di economia di distribuzione locale, mentre per la distribuzione a grande distanza trasformatori survoltatori eleveranno la tensione di linea a 22,000, 40,000 e 60,000 Volts.

La centrale dell'altra sponda del fiume, costrutta in tempi in cui i principii economici delle distribuzioni a corrente alternata erano ancora in discussione, era stata studiata per generare corrente bifase, ma poichè attualmente molti pregiudizi nel sistema trifase, che si avevano allora, sono scomparsi, venne adottato il sistema trifase più economico nella spesa del rame di linea.

Le due centrali sulla costa canadese e americana, saranno con-

giunte con cavi che attraverseranno il fiume sul ponte in acciaio sospeso, Upper Steel Arch Bridge, per funzionare in parallelo in caso di richiesta di energia della costa meridionale. La corrente trifase a 11,000 Volts sarà convertita con trasformatori statici in corrente bifase a 2200 Volts, e distribuita direttamente ai consumatori locali.

Una parte della corrente può essere diretta a Buffalo mediante una linea di trasmissione stesa sulla costa canadese del Parco al Fort Frie.

È però speranza della Compagnia di collocare tutta la produzione della sua centrale nella città di Ontario e dintorni.

Ontario Power Company.

Fin dal 1887 questa Compagnia otteneva dal Governo del Canadà la concessione di trarre dal Niagara River, una potenza idraulica di 180,000 HP. La Compagnia si prepara ora a trasformare in energia elettrica parte di questa potenza, con una centrale elettrica che tecnicamente differisce dalle altre considerate.

In luogo di collocare la stazione idroelettrica in corrispondenza della presa dell'acqua e di installare le turbine nel fondo di profondissime camere e di comandare gli alternatori mediante lunghi alberi verticali, colla necessità di lunghissimi canali sotterranei di scarico, gli ingegneri della Ontario Power Company cercarono, allo scopo essenziale di poter costruire gradualmente l'impianto a seconda delle richieste del mercato, di vincere le difficoltà idrauliche che si opponevano alla costruzione della centrale elettrica in corrispondenza del bacino inferiore delle cascate, ottenendo così di avere un lungo canale scoperto; condotta forzata e turbine ed alternatori allo stesso livello; il canale di scarico brevissimo.

La diga di presa sarà collocata superiormente alla prima linea delle rapide, guadagnando così una sensibile differenza di livello su quella veramente competente alle cascate.

Tre condotte convoglieranno l'acqua al bacino di carico in corrispondenza delle cascate e da queste, mediante condotte forzate, la

spingeranno nelle turbine collocate alla stazione generatrice, ai piedi delle cascate stesse.

Le opere di presa consistono in una grande diga, una baia esterna, l'edificio delle griglie, una baia interna e le saracinesche di manovra. La diga della lunghezza di 120 metri è formata di pilastri in cemento sostenenti le pareti verticali in calcestruzzo, che penetrano due metri nel letto del fiume, immerse nell'acqua per metri 1. 80 e sollevantesi al di sopra di questa di metri 1. 50.

Questa diga convoglia nella baia esterna il doppio dell'acqua necessaria, poichè una parte di essa viene dalla baia esterna ritornata al fiume con una grande velocità e direzione tale da asportare tutti i ghiacci galleggianti.

Questa baia esterna, che occupa un'area di 32,000 mq. è formata da un lato da un'isola artificiale, e dall'altro da una lunga parete in calcestruzzo. Questa parete in calcestruzzo è continuamente immersa nell'acqua e al di sopra di essa sfuggono i ghiacci galleggianti.

L'edificio delle griglie costrutto in pietra, contiene le griglie in acciaio destinate ad allontanare i corpi solidi e galleggianti, manovrate per mezzo di gru elettriche. La baia interna, con un'area di 8000 mq. fu scavata nella roccia che forma la sponda del Niagara River.

La portata delle condotte che prendono origine da questa baia sarà complessivamente di 110 ml.; la profondità dell'acqua cresce da 3 metri nel letto del fiume, fino a 9 metri davanti alle saracinesche. La velocità è di circa metri 0. 90 davanti alla presa, raggiunge metri 1. 50 nella porzione centrale della baia esterna, ridiscende a 0. 60 attraverso le griglie e gradualmente cresce fino a metri 1. 20 attraverso alle saracinesche.

Le saracinesche sono in numero di 3, una per ciascuna delle tre grandi condotte; sono in acciaio guidate da rulli e manovrate da motori elettrici. Un edificio in granito le copre ed un impianto di caldaie e di tubi a vapore evita la produzione di ghiacci in loro corrispondenza.

Tutti questi edifizi hanno dovuto uniformarsi a regole archi-

Ontario Power Company.

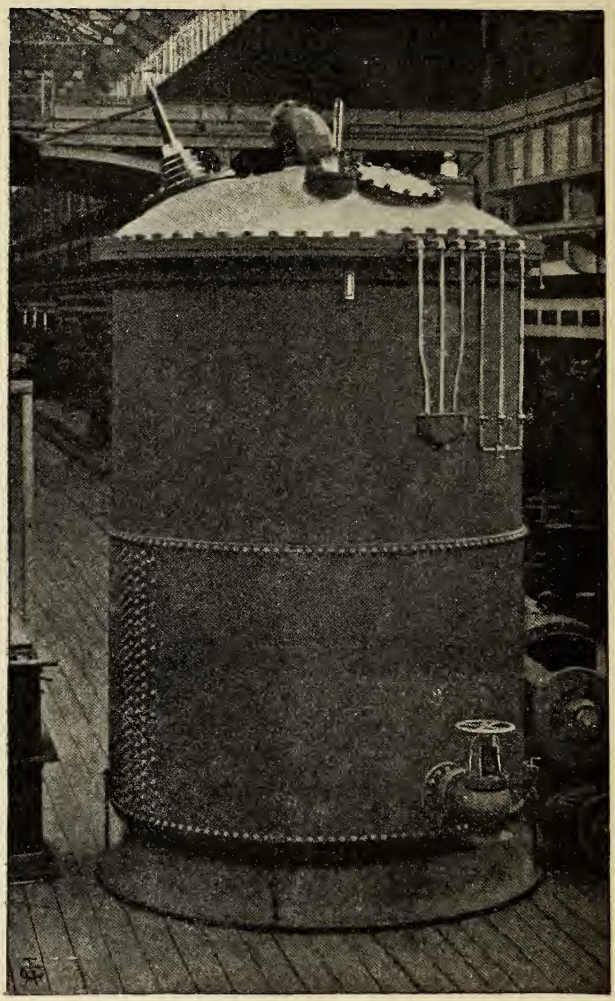


Fig. 37. — *Trasformatore in olio con circolazione d'acqua.*
3000 *kw* — 60000 *volt.*

tettoniche imposte dal Comitato del Parco, in modo da non guastare il grande spettacolo della natura.

Le tre condutture del diametro di 6 metri sono costrutte in lamiera d'acciaio, dello spessore di 12 millimetri, della lunghezza di 1900 metri con la discesa di circa 9 metri.

Per proteggere questi tubi metallici dagli effetti dell'elettrolisi, i singoli tratti sono stati chiusi in corto circuito mediante conduttori di rame. Una sola di queste condotte supplirà ai bisogni attuali dell'impianto. Dall'estremità inferiore di questa scendono alle turbine sei condotte forzate del diametro di metri 1. 20 e della capacità di circa 10,000 HP. La caduta utilizzata e di circa 40 metri. Due altre piccole condotte forzate del diametro di metri 0. 90 forniscono l'acqua alle turbine delle eccitatrici.

La stazione generatrice è collocata circa 8 metri al di sopra del livello del fiume, e contiene le turbine e gli alternatori direttamente accoppiati.

Ogni turbina è formata da una coppia di turbine Francis ad albero orizzontale a 187 giri e della potenza di 11,400 HP. Ogni condotta forzata, prima di raggiungere la corrispondente turbina si divide in due rami diretti alle due giranti delle turbine. Dalle turbine l'acqua è scaricata mediante canali nel bacino inferiore delle cascate. La differenza di livello fra la presa e la scarica è di 60 metri; quella effettivamente utilizzata dalle turbine metri 52. 50.

Verranno collocati sei dei 20 alternatori destinati a completare l'impianto; ciascuno di essi avrà la potenza di 7500 Kwatt e fornirà corrente trifase a 25 cicli e 12,000 Volt.

Questi generatori sono del tipo a campo rotante avente 16 poli; il diametro esterno dell'armatura sarà di metri 6. 30.

Lo spazio totale occupato da ciascuna unità sarà di metri 7. 80 per 15.

In una galleria elevata circa 3 metri nel piano generale estendentesi lungo la parete maggiore della stazione, sono collocate le turbine eccitatrici ed i regolatori di tutte le turbine. Ciascuna turbina per le eccitatrici e relativa dinamo ha la potenza di 500 HP, gira a 300 giri, producendo corrente continua. Ciascuna di esse ha

la capacità di alimentare i campi di 6 alternatori, ma in via normale ogni 6 alternatori si trovano due gruppi di eccitatrici. Un impianto di batterie d'accumulatori funziona come riserva.

Questa stazione centrale, che, per la sua costruzione ha dovuto colle mine formarsi una piattaforma nel fondo del bacino del Niagara, non poteva contenere oltre alle unità generatrici, gli apparecchi di controllo e trasformazione, che in una centrale di questa potenza, in queste condizioni, hanno speciale importanza. Venne perciò costrutto uno speciale edificio per i quadri di comando degli alternatori e di distribuzione dei feeder, su un'altura alla distanza di circa 150 metri dalla centrale generatrice.

Questa disposizione avrebbe il vantaggio di isolare i trasformatori in uno speciale edificio senza pericolo che gli alternatori abbiano a soffrire per la vicinanza di altissime tensioni. La corrente elettrica generata a 12,000 Volt viene condotta mediante cavi, giacenti in un condotto sotterraneo, dagli alternatori all'edificio di distribuzione, ed i circuiti di controllo a bassa tensione, mediante un altro condotto uniscono i due edifici. La disposizione generale del quadro è a sezioni individuali formate da piedestalli portanti gli interruttori e pannelli portanti gli apparecchi indicatori.

Da questi scomparti è possibile la regolazione della velocità delle macchine ed il loro sincronismo. Gli alternatori sono del tipo ad alta tensione con comando a distanza.

I trasformatori occupano la corsia centrale dell'edificio e sono separati mediante murature a prova di fuoco dalla camera degli interruttori a bassa tensione e camera degli interruttori ad alta tensione. La potenza di ciascun trasformatore è di 2500 Kwatt, sono del tipo a circolazione d'acqua; essendo monofasi, sono accoppiati in gruppi di tre.

La tensione del primario può essere di 30,000 e 60,000 Volt. Gli interruttori connessi in circuiti della potenza di 10,000 HP saranno di costruzione specialissima, per l'alto potenziale a cui debbono funzionare.

Ontario Power Company.

Fig. 38. — *Una delle condotte forzate.*

*
* *

Le 5 Compagnie considerate, che hanno il diritto di derivare forza idraulica dal Niagara River, hanno già speso dollari 26,500,000 nei loro impianti. Solo due di esse sono attualmente in grado di produrre corrente elettrica e non hanno ancora raggiunto la loro piena capacità di produzione, poichè generano 115,000 dei 750,000 HP per cui ottennero la concessione.

Di questi 85,000 HP vengono utilizzati su luogo, e 30,000 in Buffalo, Tonawanda, Lackport.

La seguente tabella riassume per le cinque Compagnie la loro potenzialità idraulica, la loro attuale capacità, e la loro attuale produzione e il capitale speso finora nella costruzione degli impianti.

	Potenzialità delle concessioni HP	Potenza utilizzata HP	Potenzialità utilizzata per nuovi impianti nel 1904 HP	Capitale impiegato — doll.
Niagara Falls Power. . . .	200,000	105,000	75,000	15,000,000
Niagara Falls Hydraulic Power & Mfg.	100,000	50,000	75,000	5,000,000
Toronto Niagara Power . .	125,000			1,500,000
Canadian Niagara Pover . .	100,000			3,000,000
Ontario Power Company . .	225,000			1,500,000
	750,000	105,000	115,000	26,500,000

Le tre ultime Compagnie, in vista della concorrenza che si spiegherà al loro arrivo contemporaneo sul mercato, limitano per ora la costruzione delle loro stazioni centrali a una percentuale della loro capacità.

Però, mentre la Canadian Niagara avrà al 1° gennaio 1905 metà del suo impianto in attività, cioè 50,000 HP elettrici, e la Toronto Niagara intende ancora portare sul mercato 125,000 HP, la Ontario Power Company che ha la massima capacità costruisce per ora una sola sezione del suo impianto, capace di 35,000 HP.

Quest'ultima Compagnia col suo sistema di lungo canale di carico e centrale elettrica al piede delle cascate, raggiunge meglio che non gli altri impianti, che come quello della Niagara Hydraulich Power hanno le centrali nel punto più elevato e sono obbligati a scavare camere sotterranee per raggiungere il livello del bacino inferiore delle cascate, lo scopo di costruire gradualmente le proprie opere in modo che siano proporzionate alla potenza generata che può essere tenuta nei limiti in cui il mercato fa richiesta.

Tra pochi mesi le cascate del Niagara forniranno 205,000 cavalli elettrici al mercato che è ormai sfruttato e quando tutte le Compagnie (tra un anno) saranno in grado di funzionare, la capacità totale raggiungerà 415,000 HP.

Certamente occorreranno alcuni anni prima che questa energia elettrica venga utilizzata per le industrie, ma è probabile che la possibilità di trasmettere sempre a maggiori distanze la corrente, raggiungendo centri industriali nuovi, e le nuove industrie che nel periodo di crisi che inevitabilmente si produrrà sul prezzo di vendita della forza elettrica, troveranno mezzo di impiantarsi nella regione del Niagara, esauriranno la capacità di queste centrali, con grande influsso sulle condizioni industriali degli Stati Uniti e del Canadà.

CAPITOLO IX.

IL SISTEMA DEL PACIFICO.

Appartengono a questo sistema le centrali elettriche che utilizzano la potenza idrica dei fiumi della California, ordinariamente a scarsa portata e grande caduta; questi impianti sono caratterizzati da queste condizioni, che conducono all'uso di turbine idrauliche, dette Ruote Pelton a grandissime velocità, che furono appunto studiate e costrutte per questi impianti.

Il sistema della costa del Pacifico ha oggidì una grande importanza di attualità, per gli impianti che da qualche mese trasmettono la energia elettrica a grandissime distanze riuscendo a potenziali mai raggiunti in Europa.

California gas & Electric Corporation.

La Compagnia che ha sede a San Francisco, risulta dal consolidamento delle Bay Counties Power Company, the Standard Electric Company of California, the Valley Counties Power Company, the San Francisco Electric, Gas & Railways C., Yuba Electric Power C., e la Nevada Canaty Electric Power C.

La Compagnia ha un insieme di linee ad alta tensione per 1200 Km., 50,000 Volt, 180 a 40,000 Volt, ed una intera rete a potenziali minori.

La potenza complessiva del sistema è di 43,650 Kwatt.

Allo scopo di illustrare il sistema delle coste del Pacifico, prendiamo in considerazione alcuni impianti di questa Compagnia.

La Centrale della Bay Counties Power system.

Dal fiume North Yuba la Compagnia deriva la potenza idraulica per la sua stazione centrale di Colgate.

La diga che compie il suo ufficio solo durante le magre, è costrutta in legname e roccia, si innalza per circa m. 1.20 ed ha sulla cresta una lunghezza di 60 metri.

Il canale che conduce l'acqua dalla diga alle condotte forzate ha la lunghezza di 12 chilometri con una sezione di m. 1.80×2.10. La sua costruzione è interamente in legno per il basso prezzo che questo materiale ha in quelle regioni, per quanto abbia a svilupparsi in una delle valli più accidentate del Sacramento che conduce ad opere assai difficili nel costeggiare e valicare burroni.

I particolari di queste costruzioni sono di grande interesse per la tecnica speciale delle costruzioni in legno.

Un così grande impianto ha certamente un punto debole in questo canale in legno che deve essere oggetto di continua sorveglianza e spesso conduce ad interruzioni del servizio.

Al termine di questo canale il bacino di carico costrutto in cemento, può essere alimentato in caso di emergenza dall'acqua del

Lago Francis mediante 2700 metri di tubo in legno di 80 centimetri di diametro, e 900 metri di canale a grande pendenza. Dal bacino di carico scendono alla stazione idroelettrica cinque condotte forzate.

Questi tubi in acciaio del diametro di cm. 75 hanno la lunghezza di 450 metri. L'altezza della caduta è 210 metri.

Dai ricevitori l'acque è distribuita mediante tubi e saracinesche a 16 turbine.

Stazione generatrice. — Le 16 turbine tipo ruote Pelton, sono direttamente connesse ai generatori di corrente alternata ed alle eccitatrici, i cui dati di funzionamento sono raccolti nella seguente tabella:

Numero	Kwatt	Giri al 1'	Fasi	Cicli	Volt
3	2000	240	3	60	2400
3	900	360	3	60	2400
1	720	286	2	133	2400
2	50	800	eccitatrici a corrente continua		

Questa centrale elettrica, sorta tra le prime in una regione assai lontana da ogni altro impianto elettrico, ha caratteri specialissimi, non ancora generalmente introdotti negli altri paesi.

Il quadro di distribuzione per le unità generatrici e per la bassa tensione è di una grande semplicità, raccogliendo unicamente gli apparecchi di controllo e misura strettamente necessari.

La corrente alternata a 2400 viene mediante trasformatori statici survoltata a vario potenziale a seconda dei circuiti da alimentare.

Questi circuiti per la natura dell'impianto, che pressochè unico in una vasta regione, deve provvedere alla alimentazione di centri lontanissimi come San Francisco, distante 360 km. e di centri assai vicini, sono assai diversi per potenziali e potenze, come mostra la seguente tabella:

California Gas & Electric Corporation.

FIG. 39 — *Planimetria della zona di distribuzione.*

NOME del circuito	Numero dei circuiti	Lunghezza in miglia	Materiale	Numero delle fasi	N° dei fili in ciascun circuito	Frequenza	Kilovolt
Bay.	2	140	2 $^{3}/_{4}$ rame $^{1}/_{4}$ alluminio	3	3	60	40–50–60
Sacramento .	2	61	1 60 M. alluminio 1 M. rame	3	3	60	40
Oroville. . .	1	28	1 alluminio » – rame	3	3	60	40–50–60
Marysville. .	1	28	1 » – rame	2	4	60	15
Nevada . . .	1	19	1 rame	3	3	60	24
Nevada . . .	1	16	1 rame	2	4	133	24

La distribuzione della corrente a così alti potenziali, a circuiti in condizioni così diverse è certamente uno dei problemi più complicati ed affatica ancora le menti del personale direttivo della Compagnia.

Poichè non era possibile di attribuire un trasformatore ad ogni circuito, questi vennero raggruppati e muniti di interruttori. La scelta di questi interruttori ad alta tensione non è ancora stata definitivamente fatta, malgrado i molti tipi provati, e prevale il concetto di munire le sole sottostazioni di mezzi di interruzione e di valvole di sicurezza.

Dal giorno in cui l'impianto venne conglobato agli altri della California Gas & Eletric C. vennero man mano collocandosi interruttori ad alta tensione ad olio, studiati dal signor F. C. Baum, ingegnere della Compagnia, per circuiti da 10,000 Volt e 40,000 Kwatt, a 50,000 e 60,000 Volt.

Ad interruzione quadruplice, questi interruttori sono manovrati simultaneamente per le tre fasi, e sono collocati in compartimenti a prova di fuoco.

Per circuiti di minore importanza pure a 60,000 Volt, vengono usati interruttori più semplici a due contatti in serie. Ogni circuito

ad alta tensione è munito prima dei trasformatori di interruttore di isolamento.

Tutti i circuiti derivati sono pure muniti di interruttori esterni assai semplici nella loro costruzione.

I trasformatori che, data la natura delle linee aeree e gli enormi potenziali di trasmissione, pare abbiano a trovarsi in cattive condizioni di esercizio, ed abbiano a costituire un punto debole del sistema, hanno invece un funzionamento ottimo e non hanno dato luogo ad alcun inconveniente.

Contribuisce a questo la continua cura nel mantenere l'olio puro da umidità e corpi estranei, essiccando gli avvolgimenti ad ogni cambiamento di olio.

Questo impianto ha dimostrato praticamente come i trasformatori ad olio non costituiscano un pericolo di incendio nelle centrali elettriche, poichè nel marzo 1903 essendosi incendiata la centrale di Colgate, i trasformatori che erano collocati nella parte più calda dell'edificio, non ebbero a soffrire e l'olio mantenne immuni gli avvolgimenti.

Questi trasformatori che possono portare la tensione del circuito primario a 51,960 Volt, vennero provati a circa 100,000 Volt.

Le linee a 60,000 Volt sono trifasi, coi conduttori collocati ai vertici di un triangolo equilatero di metri 1.80.

Le esperienze degli ingegneri costruttori di queste linee, affermano che è conveniente di avere tesate quanto più lunghe possibili, aumentando la altezza dei pali e la robustezza della loro costruzione.

Mediante l'uso di fili di alluminio si poterono raggiungere campate da 300 a 500 metri sostenute da torri in acciaio; questo impianto può mostrare la più lunga tesata esistente in linee elettriche di m. 1300 a Carquinez Straits, nell'attraversamento di un grande corso di acqua.

I pali dell'intero impianto sono in ferro, tubolari, galvanizzati.

Gli isolatori sono di molti tipi, ma per le altissimi tensioni gli isolatori in vetro si mostrarono inadatti, mentre isolatori in porcel-

lana multipli indicano che non si è ancora raggiunto il limite che renderà proibitive le tensioni elevatissime. Le condizioni climatiche, quali la nebbia, la pioggia e la neve, abbassano di molto le condizioni di isolamento della linea.

Squadre di guardiani ispezionano continuamente le linee che debbono per lo più le loro interruzioni e corti circuiti, a cause meccaniche esterne all'impianto, quale rottura di isolatori, grossi uccelli volanti fra le linee, caduta di rami.

La protezione contro le scariche atmosferiche venne ottenuta mediante scaricafulmini a corna con ottimi risultati.

Queste linee dimostrano come l'uso di altissimi voltaggi, come 60,000 Volt, sia praticamente possibile, e sia possibile superare questo limite, salendo a 100,000 Volt quando alcuni particolari degli impianti saranno meglio perfezionati.

La Seattle Tacoma Company.

Sulle coste del Pacifico, la Seattle Tacoma Company ha per la prima utilizzato la grande caduta di quelle montagne per la produzione dell'energia elettrica, ed ha costrutto una delle più interessanti stazioni centrali, per le difficoltà tecniche che ha dovuto incontrare per utilizzare una caduta di 90 metri.

La potenza attuale dell'impianto è di 11,000 HP, che viene distribuita nelle città di Seattle e Tacoma.

Questa Compagnia ebbe fin dai primi giorni del suo funzionamento una grandissima richiesta di forza, realizzando splendi successi tecnici e finanziarii.

Gli incassi lordi annuali della Compagnia salgono a 1,500,000 doll. e per quanto i prezzi siano assai moderati, i suoi utili netti sono di 600,000 doll. all'anno, che saranno più che duplicati quando l'impianto sarà a completà capacità.

I soli tram elettrici di Seattle hanno trasportato l'anno scorso 40 milioni di passeggeri, mentre la linea tra Seattle e Tacoma ha trasportato un milione di viaggiatori.

La Compagnia fornisce l'energia elettrica a mulini, macine,

ferriere cartiere, tipografie, lavanderie, cotonifici, fonderie, ecc. Tutti gli edifici pubblici sono illuminati mediante la corrente di questo impianto.

La stazione generatrice è collocata in una caverna nel fondo del pozzo verticale che contiene le condotte forzate, poichè era impossibile ogni altra locazione, per le condizioni accidentate delle sponde del fiume. Le linee sono in alluminio.

***

La descrizione delle centrali elettriche americane fu limitata agli impianti personalmente visitati, certamente i più interessanti del continente Nord-Americano. Un grande numero di altre centrali mostrano caratteri particolari, ma si possono raggruppare nei sistemi considerati e non arrecherebbero alcun elemento nuovo alla presente relazione.

Note Scientifiche

Giovanni Agamennone — La registrazione dei terremoti — un volume in-8, con 46 figure e 2 tavole — Prezzo L. **3.**

Elvio Soleri — Le centrali elettriche degli Stati Uniti d'America — un volume in-8, con 39 figure e 19 diagrammi — Prezzo L. **4.**

Di prossima pubblicazione:

La fotografia dei colori.

OPERE EDITE DALL' "ELETTRICISTA,,

Parazzoli Ing. **Attilio** — Lezioni elementari di elettricità industriale.

Prezzo del I e II Volume L. **7.50** l'uno.

"L'Elettricista,, Rivista quindicinale illustrata di elettrotecnica.

Abbonamento annuo L. **12.50** - Estero L. **16.**

Banti prof. **Angelo** — I motori elettrici a campo magnetico rotatorio.

Prezzo L. **3.50.**

Detto — Il telegrafo senza fili sistema Marconi.

Prezzo L. **2.**

G. Marconi — Conferenza sulla telegrafia senza fili.

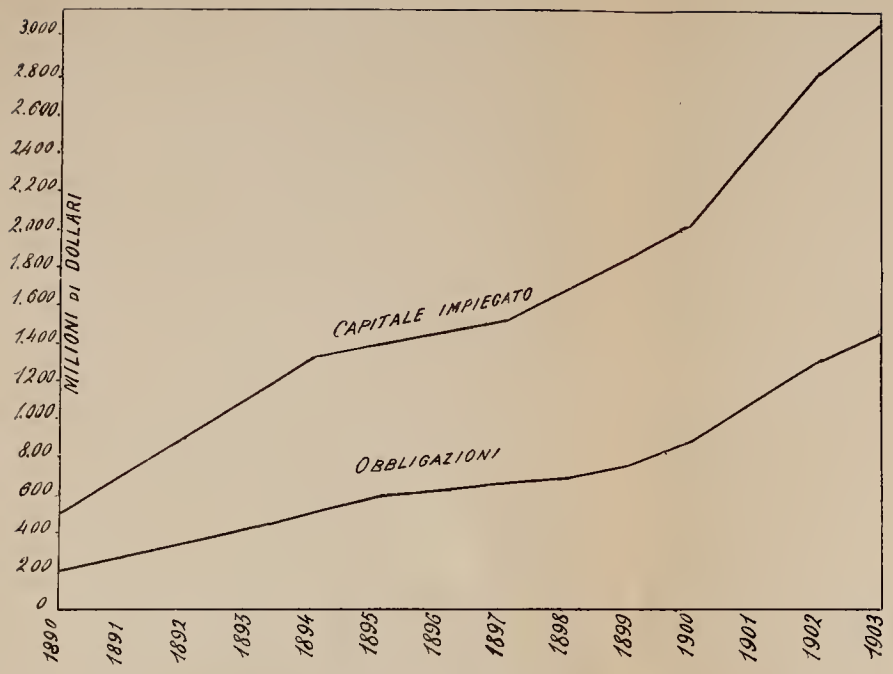
Prezzo L. **1.**

Colonna — Appunti sull'apparato telegrafico H. A. Rowland.

Prezzo L. **1.25.**

3.000
2.800
2.600
2.400
2.200
2.000
1.800
1.600
1.400
1.200
1.000
800
600
400
200
0
1890

Diag. N° 1



DIAGRAMMI RELATIVI ALLE TRAMVIE URBANE
DEGLI
STATI UNITI

Diag N°2

SVILUPPO DELLE LINEE

Diag. N° 3

SVILUPPO DEL MATERIALE MOBILE

DIA

NEW

55000
50000
45.000
40000
35.000
30000
25.000
20000
15000
10000
KILOWATTS

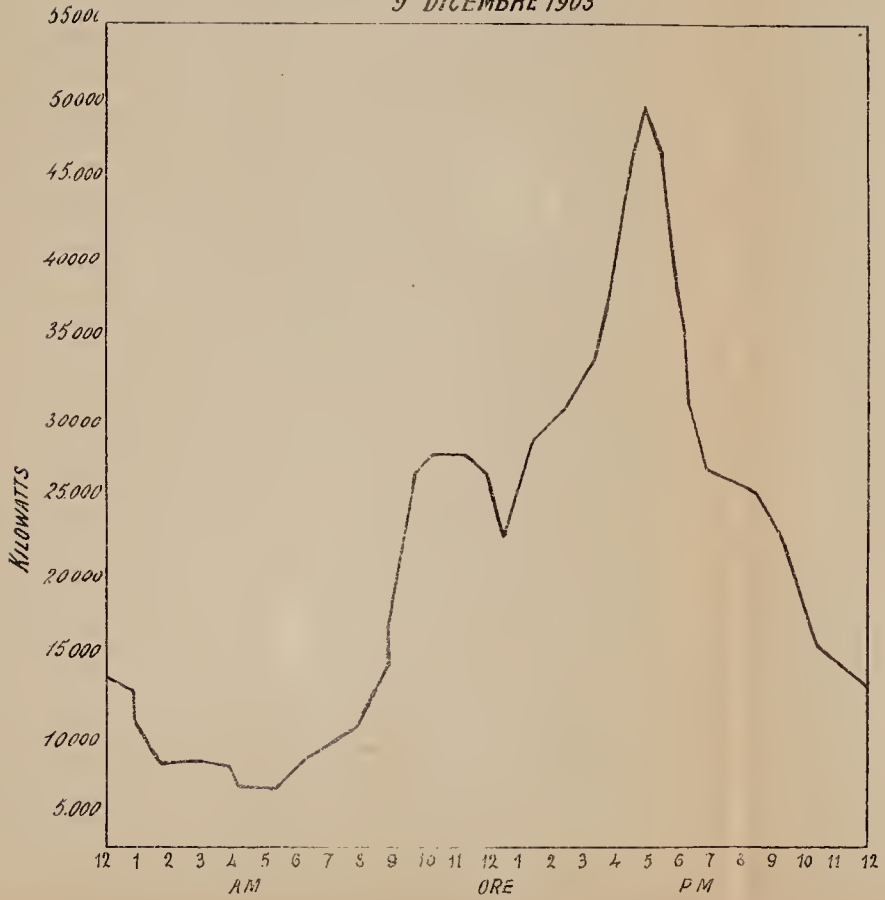
Dia 2.4

Diagramma del Carico

Della

NEW-YORK EDISON CO

9 Dicembre 1903



Feeder Bassa Tensione

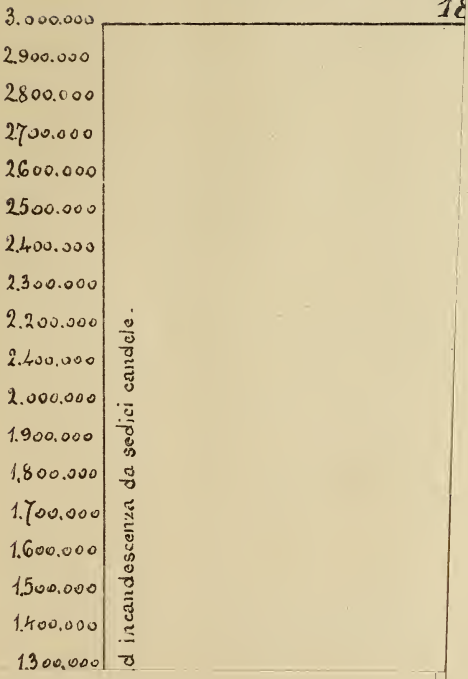
Natura

The Edison Elect

Ne

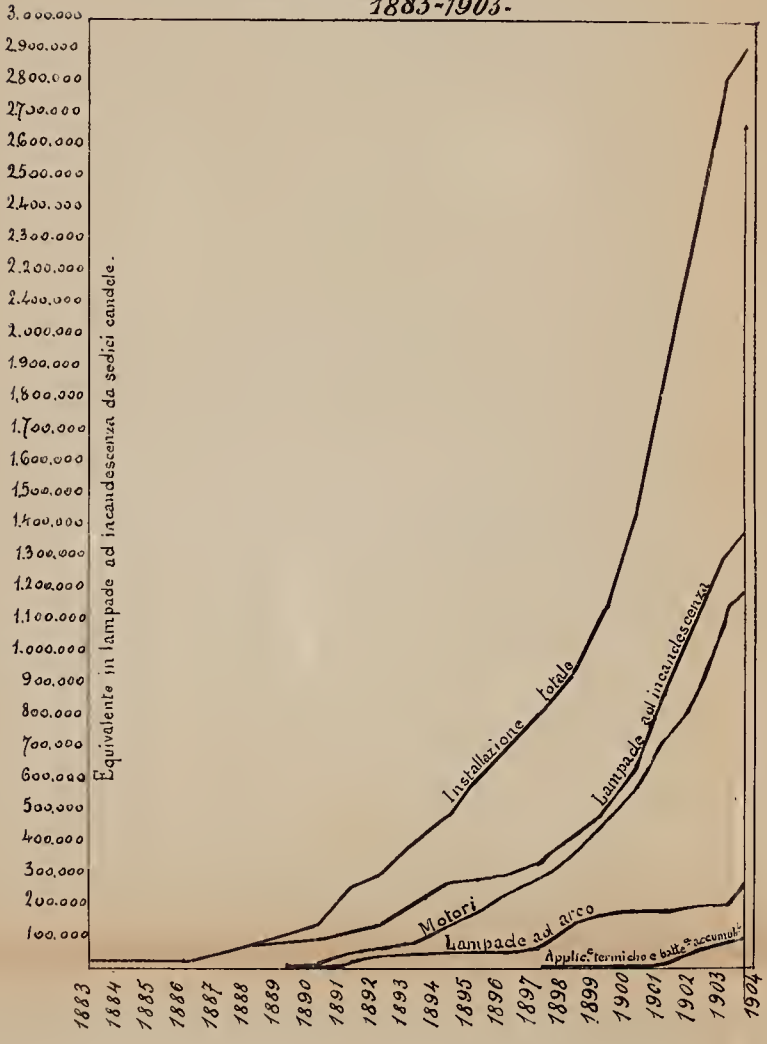
– The New-York

18



Diag.5

NATURA DEL CARICO
DELLA
THE EDISON ELECTRIC ILLUMINATING. C.O
DI
NEW-YORK-
E
- THE NEW-YORK EDISON. C.O -
1883-1903.



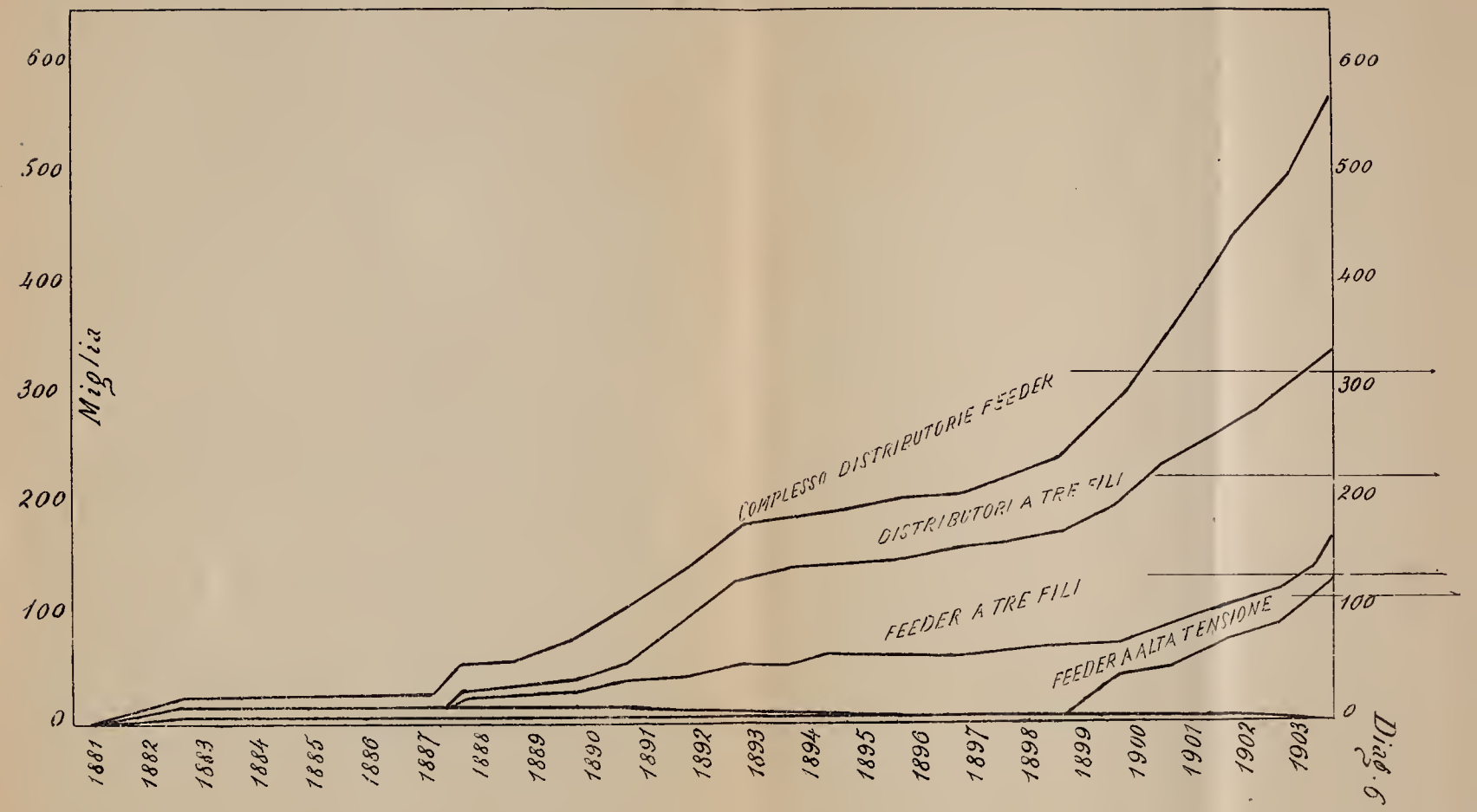
NOTA

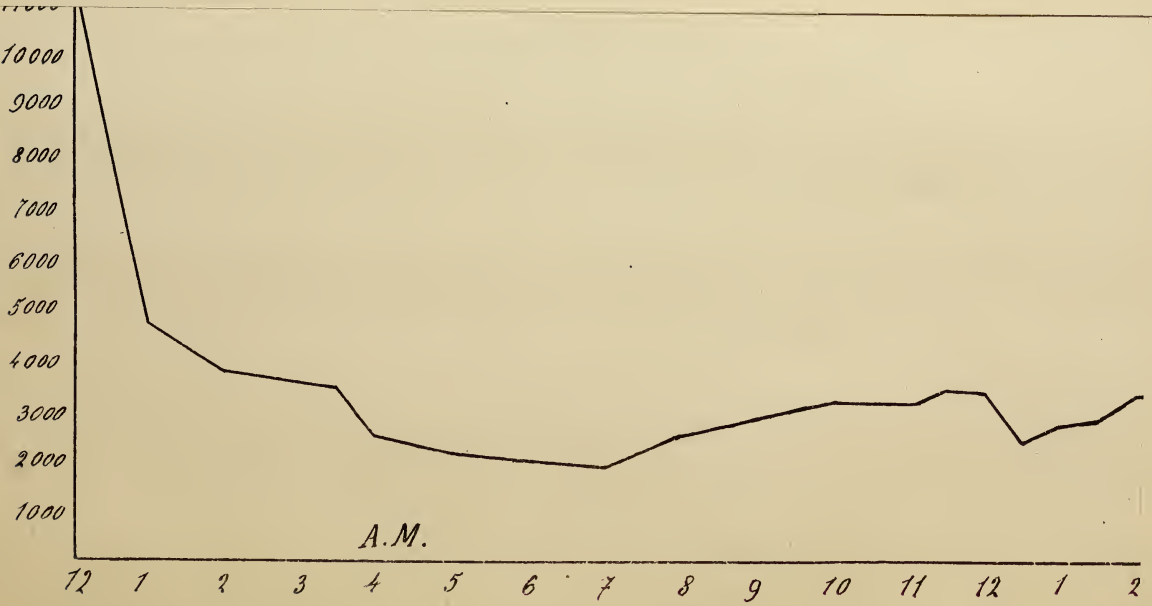
Una Lampada ad arco è equivalente a dieci lampade incandes.te da 16. C.d.
Un HP di motori " " " quindici " " " " "
Un KW. consumato a produrre calore equivalente a 20 Lampade incandes.te da 16 C.d.

600
500
400
300
200
100
0
Miglia
600
500
400
300
200
100
0
1881
1882
1883
1884
1902
1903
ISIONE
Dis. 6

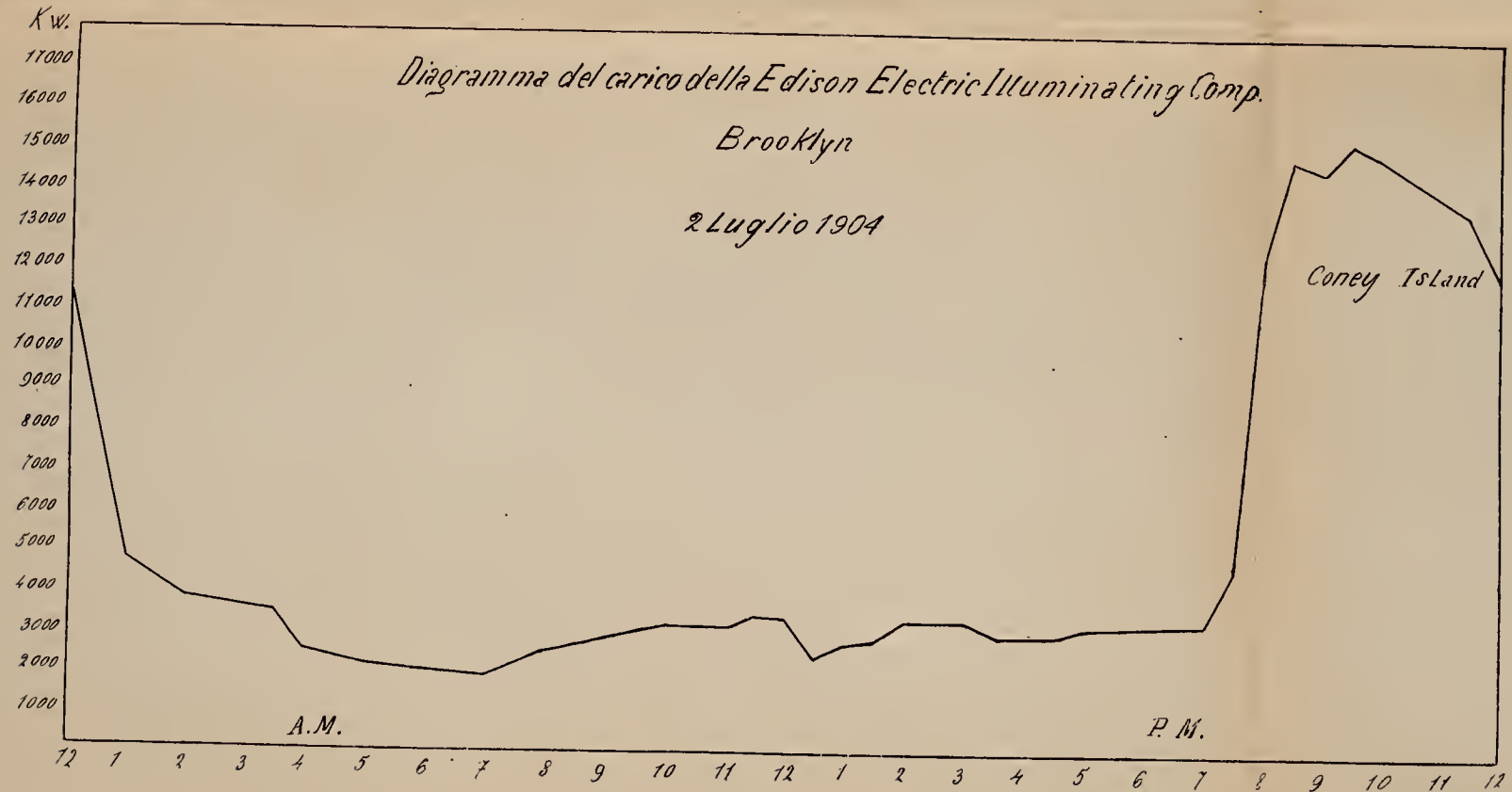
Diagramma delle Installazioni delle Condutture Sotterranee EDISON

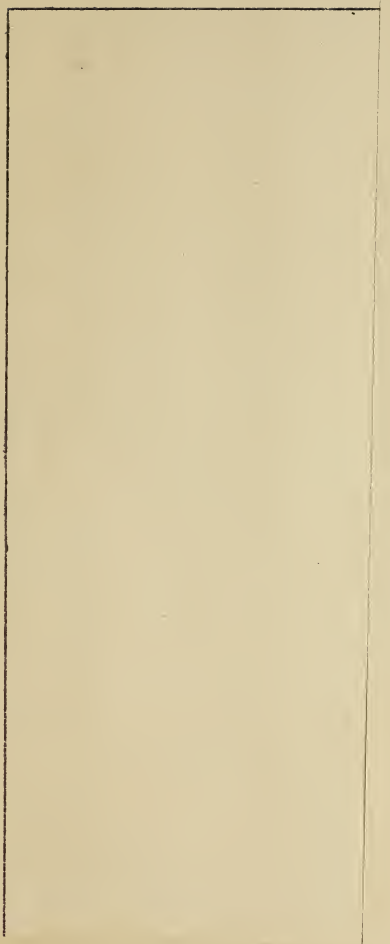
Borgo di Manhattan – New-York




10000
9000
8000
7000
6000
5000
4000
3000
2000
1000
A.M.
12 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 1 2

Diag. 7


Kw.
17000
16000
15000
14000
13000
12000
11000
10000
9000
8000
7000
6000
5000
4000
3000
2000
1000
Diagramma del carico della Edison Electric Illuminating Comp.
Brooklyn
2 Luglio 1904
Coney Island
A.M.
P.M.
12 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12



CHICAGO EDISON COMPANY

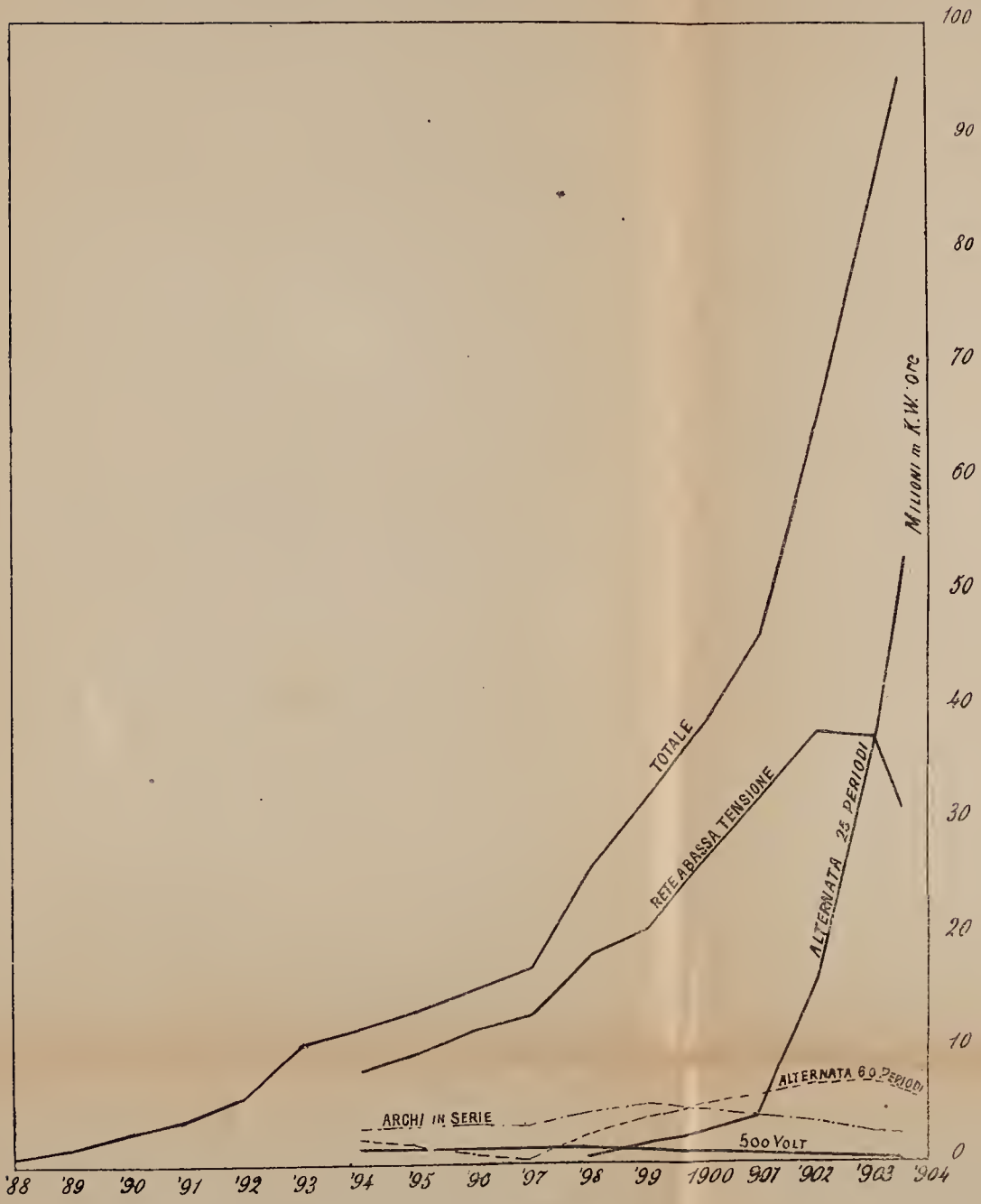
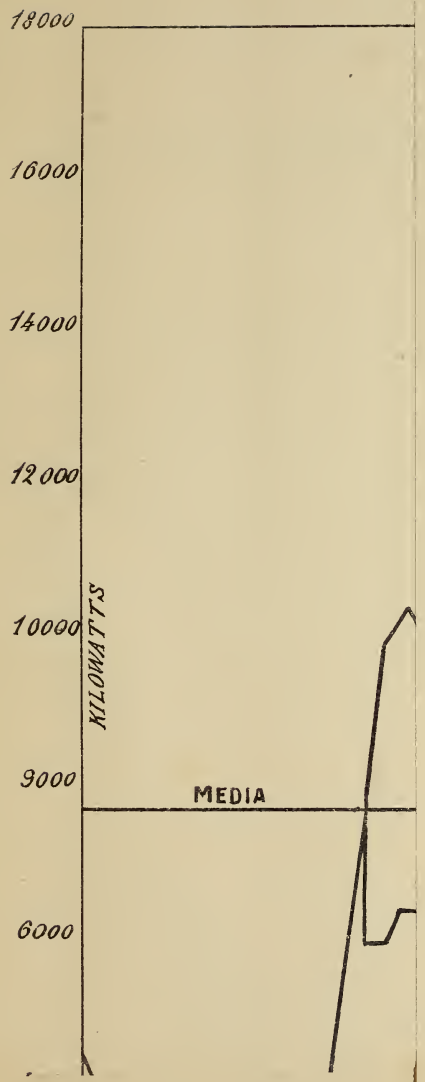


DIAGRAMMA DELL' AUMENTO DEL CARICO NEL PERIODO 1888 – 1904 .

CHICAGO



CHICAGO EDISON COMPANY

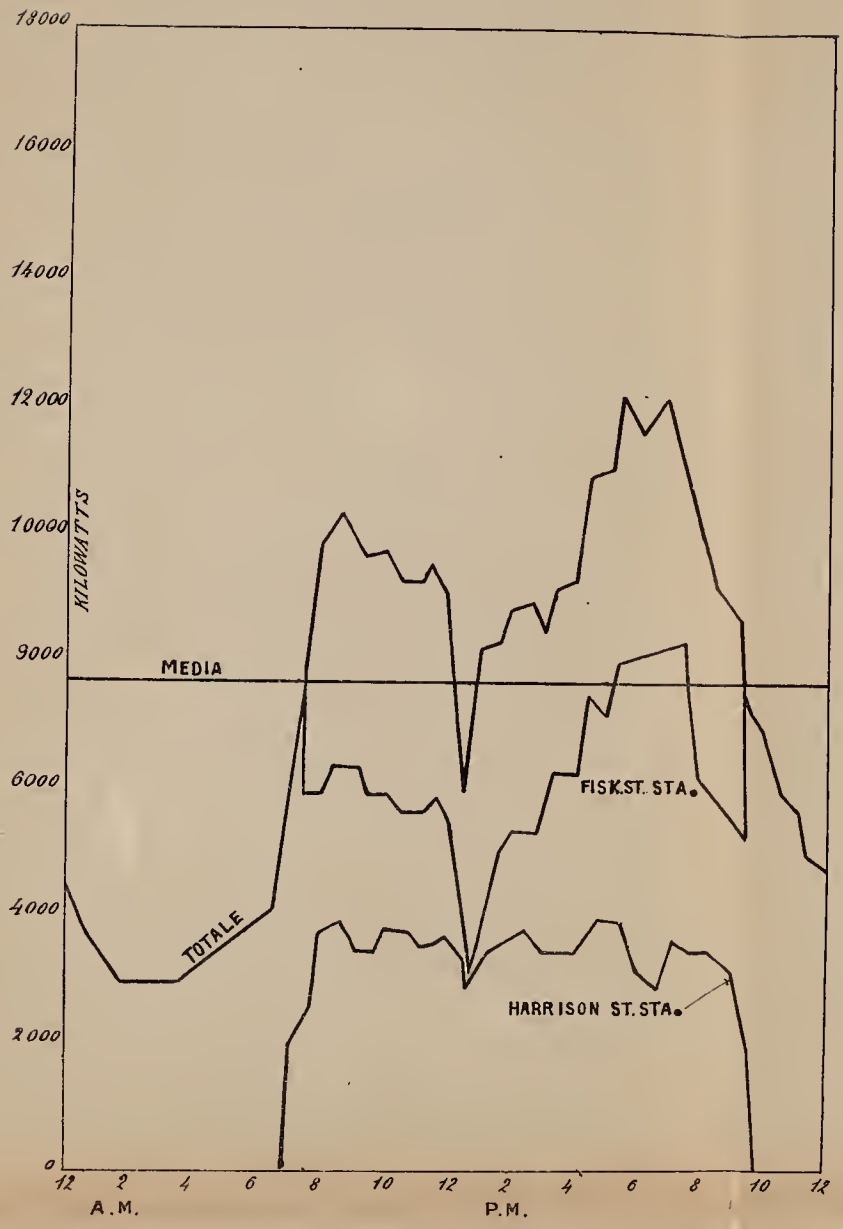
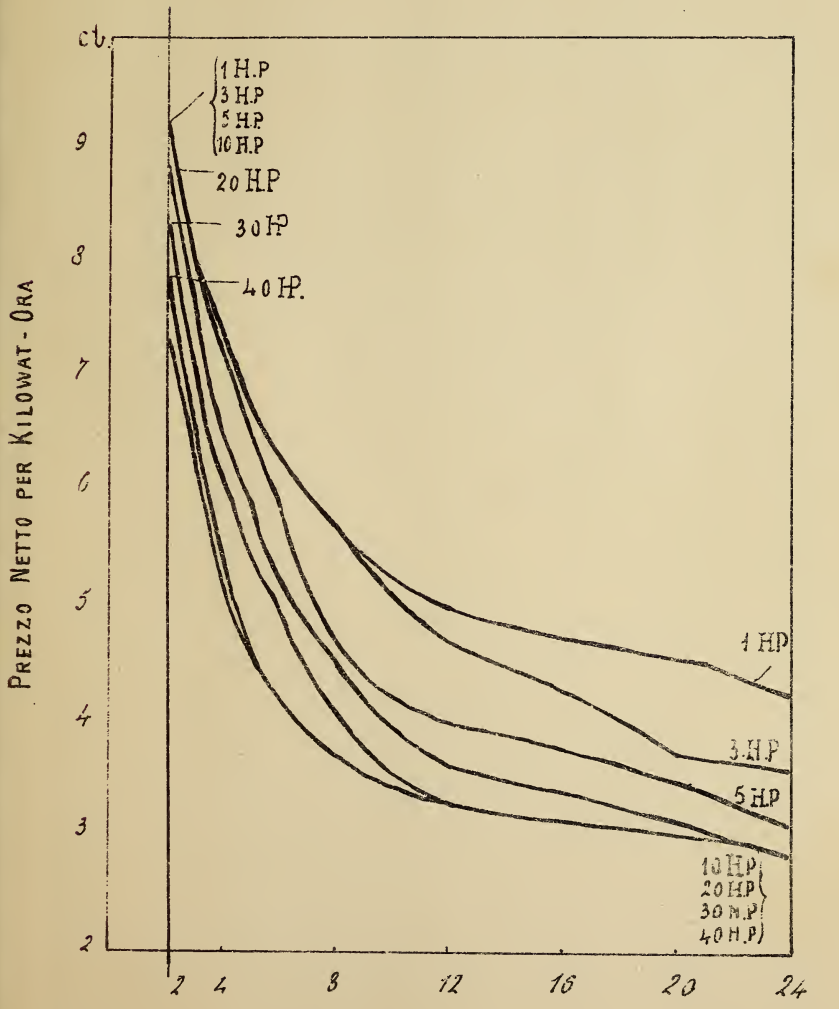


DIAGRAMMA DI CARICO RELATIVO ALLA CORRENTE ALTERNATA A 25 CICLI PER LE PRINCIPALI CENTRALI
- 14 MARZO 1904 -

Diag. 17

THE CHICAGO EDISON COMPANY



PREZZO DELLA CORRENTE ALTERNATA PER FORZA MOTRICE

THE BOSTON EDISON ELECTRIC ILLUMINATING COMPANY

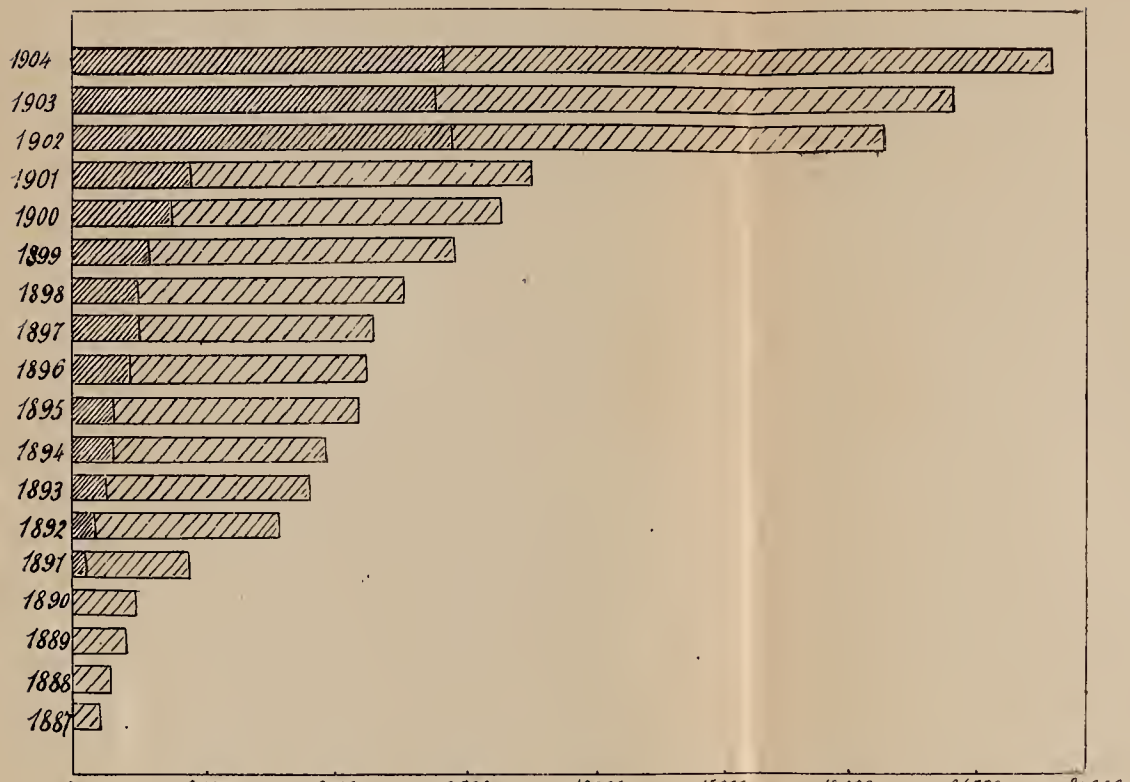
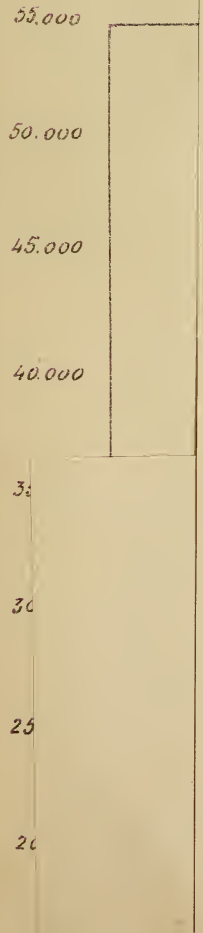


DIAGRAMMA RAPPRESENTANTE L'AUMENTO DEL CARICO D'ILLUMINAZIONE AD ARCO E MOTORI

CARICO DOVUTO AGLI ARCHI- ARCHI. CARICO DOVUTO AI MOTORI-CAVALLI

Orig.11


55.000
50.000
45.000
40.000
3
30
25
20

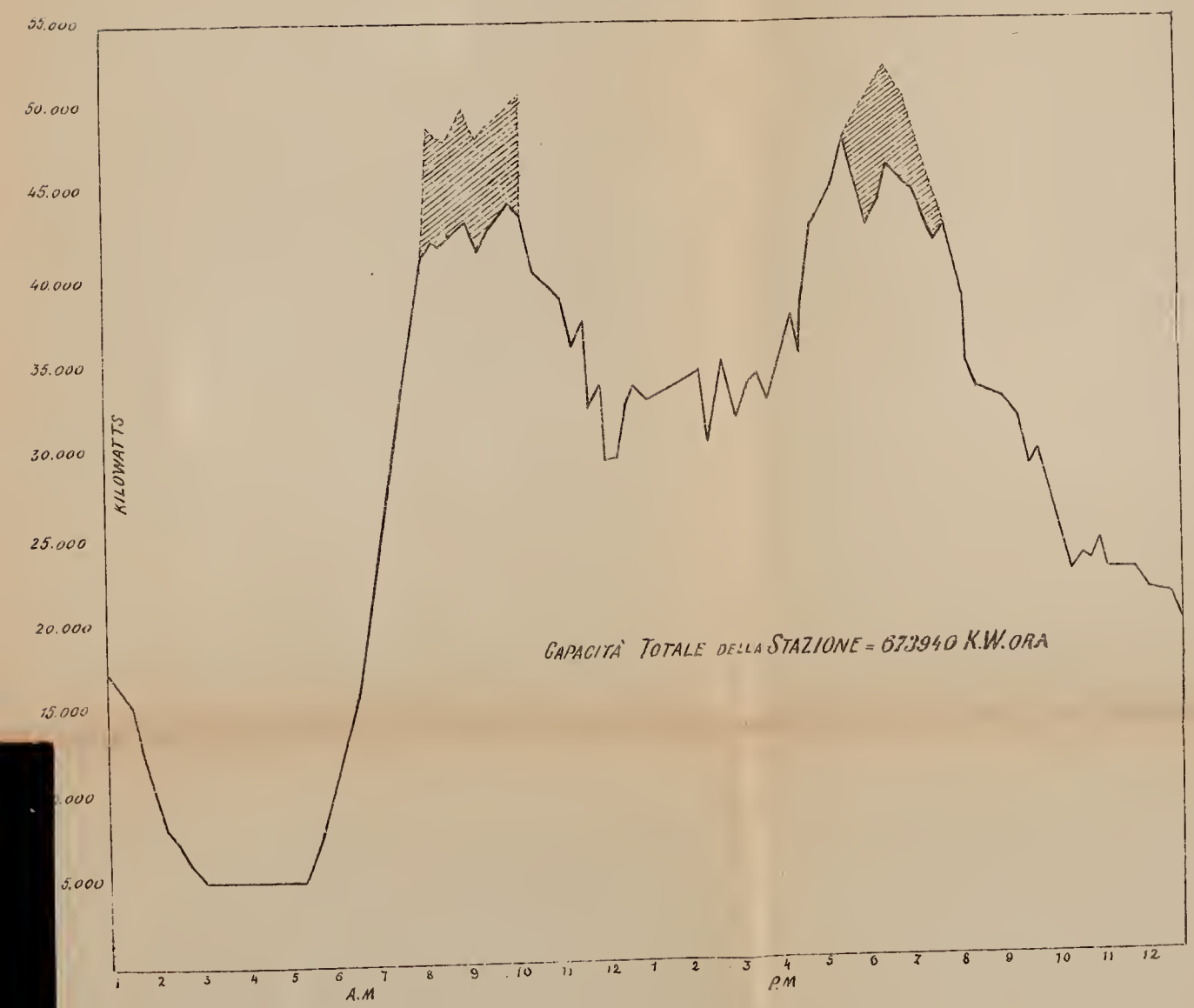
Diag.° 12.

INTERBOROUGH RAPID TRANSIT. CO.

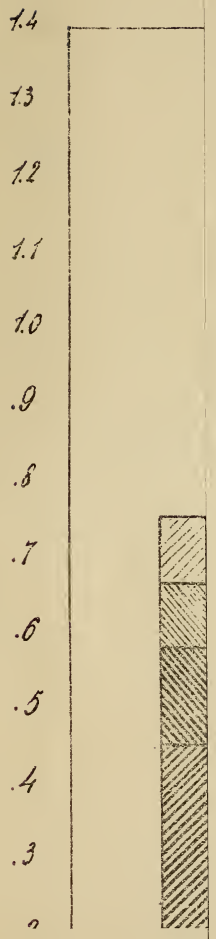
MANHATTAN DIV'N

DIAGRAMMA DEL CARICO
DELLA
CENTRALE DELLA 74ª. STRADA

18 GENNAIO 1904



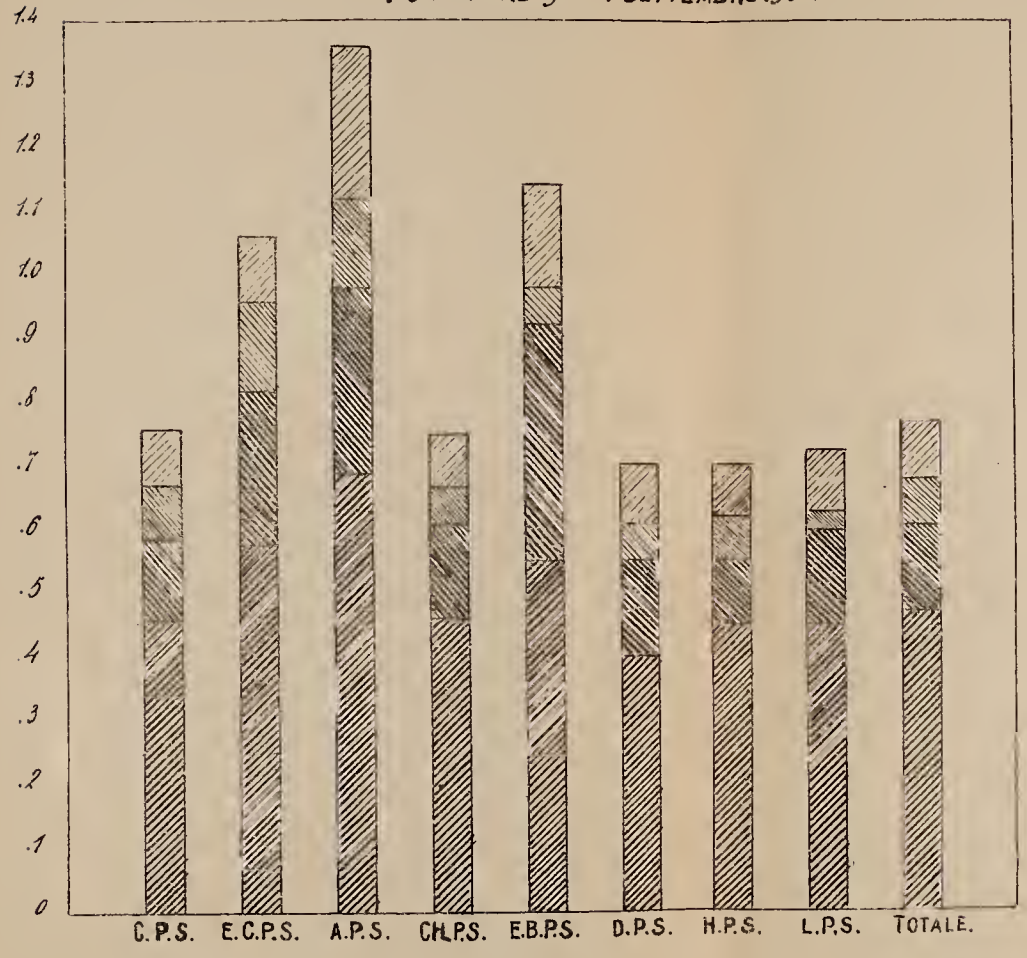
COSTO DE

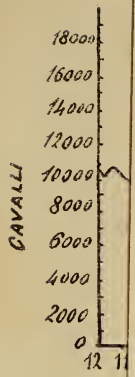


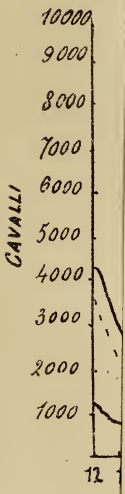
BOSTON ELEVATED RAILWAY COMPANY

COSTO DELL'ENERGIA NELLE CENTRALI PER K.W. ORA DURANTE L'ANNO

1 OTTOBRE 1901 - 1 SETTEMBRE 1902




18000
16000
14000
12000
10000
8000
6000
4000
2000
0
CAVALLI
12

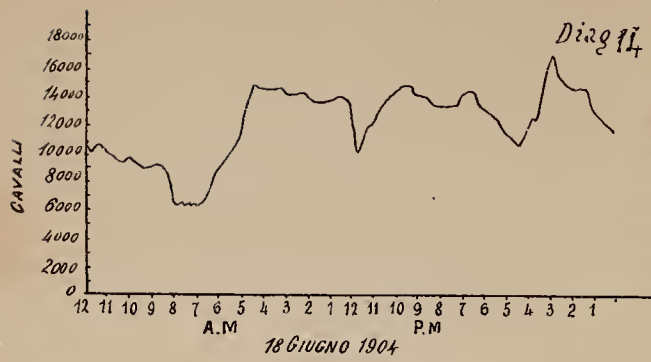

10000
9000
8000
7000
6000
5000
4000
3000
2000
1000
CAVALLI
12

DIAGRAMMI DEL CARICO DELLA

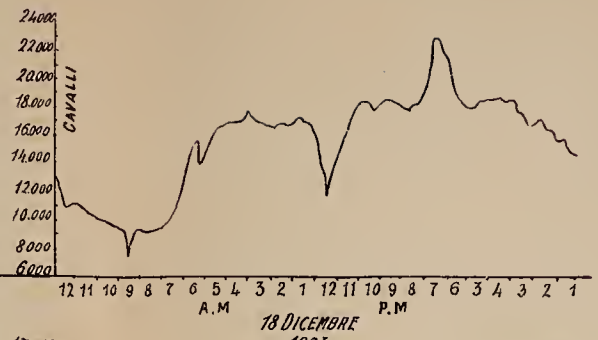
CATARACT POWER E CONDUIT CO

Diag. 15

Diag. 14

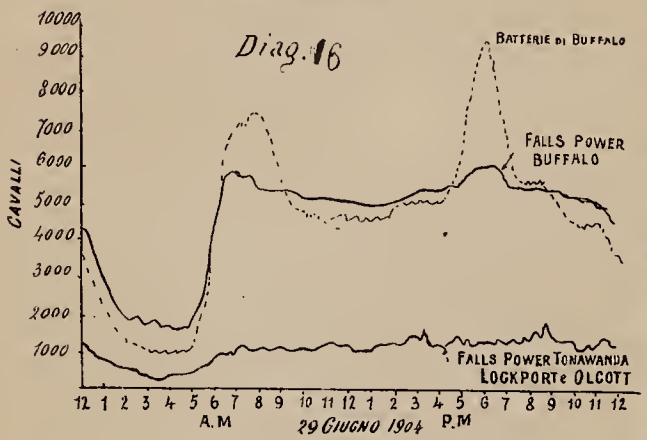


18 GIUGNO 1904



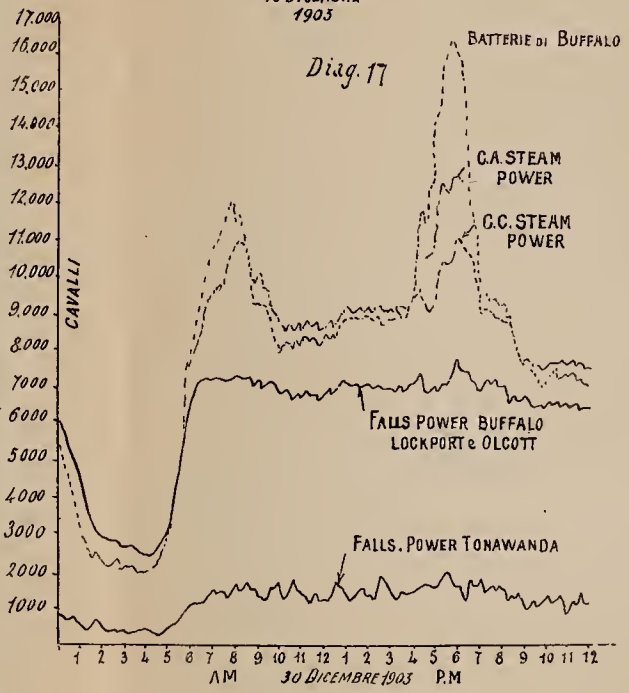
18 DICEMBRE 1903

Diag. 16



29 GIUGNO 1904

Diag. 17

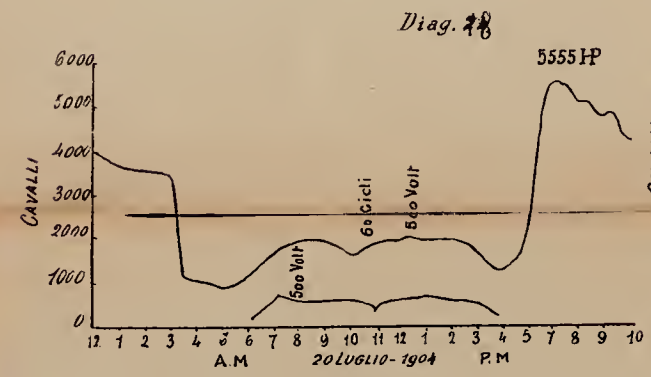


30 DICEMBRE 1903

DIAGRAMMI DEL CARICO DELLA

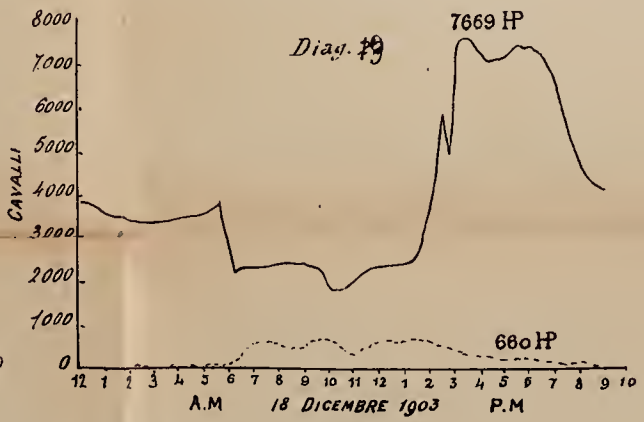
INTERNATIONAL RAILWAY COMPANY

Diag. 18



20 LUGLIO - 1904

Diag. 19



18 DICEMBRE 1903

DIAGRAMMI DEL CARICO DELLA BUFFALO GENERAL ELECTRIC CO.

BOUND BY
8-94

UNIVERSITY OF ILLINOIS-URBANA
3 0112 082063717